パソコンによる計算と演習

こてんもんがく

# 古天文学

斉藤国治著

恒星社

—パソコンによる計算と演習—

こてんもんがく

# 古天文学

斉藤国治著

恒星社

# ま え が き

手もとにあるパソコンを使って，古今東西の天文記録を手あたり次第に計算して，これを検証できたらさぞ愉快であろう。そう思って，筆者は数年前からパソコン用天文プログラムを考案して，日本・朝鮮・中国・オリエント・古代ギリシャ・ローマに残る古代の天文記録をさがしては，いちいち検証を試みてきた。たとえば,

(1)『旧約聖書』「アモス書」にのる皆既日食とはいつのことか。
(2) B. C. 357 V 4 夜に，アテネでアリストテレスが月による火星の食を見たと記録しているが，その詳細はどうか。
(3)『史記』に載る泰始皇帝第７年の彗星はハレー彗星であるか。
(4) 天の岩戸物語を日食だと考えた場合に，卑弥呼と同時代（紀元２世紀）に邪馬台国の上を通る適当な皆既日食があるか。
(5)『日本書紀』によると，舒明天皇12年２月７日（640 Ⅲ ４）の夜に，飛鳥京でアルデバラン（$\alpha$ Tau）の星食があったとあるが，ほんとうか。
(6)『大鏡』の花山院の条によると，陰陽師・安倍晴明がある天変を観測していたとあるが，その真相はどうか。

など，など，である。

これらの天文古記録は，年月日と観測場所が明らかなら計算によって正確な検証が可能なのである。そして計算が記録と合えばすこぶる娯しくなる。このような検証は逆に文献自体の信憑性を保証することにもなるから，歴史学にとっても有意義であろう。

本書は筆者がいままでにおこなった多くの検証の中から興味あるものを選んで，これを演習問題として示し，詳細な計算方法をつけたものである。計算の途中経過も示してあるから，だれでもこれを追試することができる。

本書は題名を「古天文学」としたが，これは筆者が考えた新造語である。文科系の史学・文学と理科系の天文学とをドッキングさせた学際的な研究の

ニュー・フェイスだとご諒解ねがいたい。他にも「古磁気学」「古気象学」など同類の学問があるが，年代決定の精密さにおいて，「古天文学」は他の追随を許さない。

本書が採用している数式は，ノイゲバウエル・ショッホ流の古典的方法をコンピュータライズしたものである。現代の天体運動論では暦表時を使うことが主流になっているが，本書はあえて古典流を守っている（どちらを使っても，0°.02以上の偏差は生じないであろう）。

本書を手にした読者が，本書を習得した上で，本書を凌駕し，独自に未知の史料を発掘して，古天文学的検証を試みられんことを，筆者は切に期待している。

なお，本書を渡辺敏夫先生に捧げたい。筆者をこの道へ導いて下さった恩人である。また，本書の出版については恒星社の福井正樹氏のお世話になった。併せてお礼申上げる。

1989　Ⅲ　1

斉藤国治

# パソコン計算記号の一覧

天体運動論では古くから独特の記号が使われている。赤経・赤緯を$\alpha$，$\delta$，黄経・黄緯を$\lambda$，$\beta$と表わす類である。パソコンではこのようなギリシャ文字の変数が使えないので，ローマ字と算用数字の組合わせて代用せざるを得ない。たとえば，本書では，$\alpha$，$\delta$の代りにRA，DECなどとしてある。これらを初出の章別に一覧表にして下に示しておく。

## 第Ⅱ章　はじめる前の予備コース

*JD*　ユリウス通日（Julian Daysの略）

*MJD*　準ユリウス通日（Modified JDの略）

*Y, M, D, H*　西暦年，月，日，時

*LON*　地球上観測者の経度（東経をプラスとする）

*INT*（　）　カッコ内の数値を整数化する（Integerの略）

*LST*　地方恒星時（Local Sidereal Timeの略）

*GST*　グリニッチ恒星時（Greenwich STの略）

## 第Ⅲ章　太　　陽

*C*　元期から隔たる日数を$36525^d$で割った値（Centuryの略）

*SML*　太陽の平均黄経（Solar Mean Longitudeの略）

*SPL*　太陽の近日点黄経（Solar Longitude of Perihelionの略）

*SEC*　地球軌道離心率（Solar Eccentricityの略）

*SAX*　地球軌道半長径（Solar Semi-major Axisの略）

*SMA*　太陽の平均近点角（Solar Mean Anomalyの略）

*SMPG*　太陽の中心差（Sonnenmittelpunktsgleichungの略，Equation of Center）

*SL*　太陽の真黄経（Solar Longitudeの略）

*STA*　太陽の真近点角（Solar True Anomalyの略）

*SRR*　太陽動径（Solar Radius Vectorの略）

*SS*　太陽視半径（Solar Semi-diameterの略）

*ZG*　均時差（Zeitgleichungの略，Equation of Time）

*OBL*　黄道傾斜角（Obliquity of Eclipticの略）

### 第Ⅳ章　金　星

*LAM*　黄経（Longitude, $\lambda$（lambda）の略）

*BET*　黄緯（Latitude, $\beta$(beta)の略）

*LL*, *TB*　日心黄経・黄緯（Heliocentric Longitude, Latitude の略）

*ML*　平均黄経（Mean Longitude の略）

*PNL*　近日点黄経（Longitude of Perihelion の略）

*OMG*　昇交点黄経（Longitude of Ascending Node, $\Omega$（omega）の略）

*INC*　軌道傾斜角（Inclination の略）

*EC*　軌道離心率（Eccentricity の略）

*AX*　軌道半長径(Semi-major Axis の略)

*MA*　平均近点角（Mean Anomaly の略）

*MPG*　中心差（Mittelpunktsgleichung の略, Equation of Center）

*RR*　動径（Radius Vector の略）

*DD*　地球・惑星間距離

*ELO*　太陽離角（Elongation の略）

*BR*　光度等級（Brightness の略）

*HL*　日心黄経差

*I*　位相角（Phase Angle の略）

### 第Ⅶ章　木　星

*L*7, *L*8　平均黄経（*ML*）への長周期・短周期摂動補正項

*PS*7, *PS*8　同じく近日点黄経（*PNL*）への補正項

*PH*7, *PH*8　同じく離心率（*EC*）への補正項

*ETA*, *ZETA*　短周期摂動計算のための引数（$\eta$, $\zeta$のこと）

### 第Ⅷ章　土　星

*AX*7, *AX*8　軌道半長径（*AX*）への長周期・短周期摂動補正項

### 第Ⅸ章　月

*J*　*C*と似ているが，元期が1日ちがう。

*AA*,*BB*,*CC*,*DD*,*EE*　月の黄経への摂動引数

*HH*　同じく黄緯への摂動引数

$A_0$, $B_0$, $C_0$, $D_0$, $E_0$, $H_0$　同じく摂動補正項

*ST*　月の黄経への摂動補正の総和（Störung の略, Perturbation）

*LAT*　地球上観測者の緯度

*L*, *B*　地球上観測者の黄経・黄緯値

*EX*　離心近点角（Eccentric Anomaly の略）

*PI*　月の見かけの視差(Parallax, $\pi$（pi）の略)

*MP*　月の位相角（Moon Phase の略）

*MS*　月のみかけの視半径（Moon's semi-diameter の略）

### 第Ⅹ章　座標の変換

*RA*, *DEC*　赤経（Right Ascension）と赤緯（Declination）

## 第XI章　彗　星

*QQ*　近日点距離（Perihelion Distance の略）

*PP*　公転周期（Period of Revolution の略）

*MU*　平均運動（Mean Motion の略）

*EPO*　近日点通過の期日（Epoch の略）

*DAY*　EPO からの経過日数（プラス，マイナスあり）

## 第XII章　古代の恒星位置

*V1*, *V2*　恒星固有運動の赤経・赤緯成分

## 第XV章　月　食

*KEM*　月の距離における地球本陰影円を地心から見た視半径

*OEK*　同じく月の視半径

*MOO*　同じく月心と地球本陰影中心との角距離

## 第XVI章　天体の出入

*ZET*　天頂角（Zenith Angle の略）

# 古天文学　目次

# I　古天文学とは

## 1. 発　　端

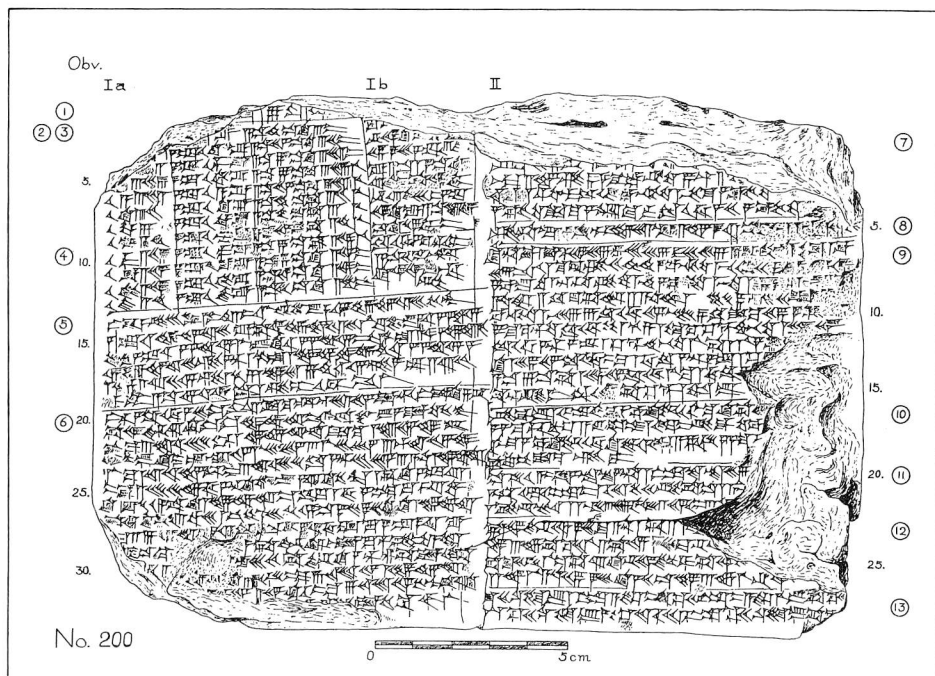
A. D. 1850年のころ，イギリスから派遣された中近東遺跡調査団が，バビロンの廃墟を発掘しているうちに，沙(すな)に埋もれた地下文庫の中に幾百枚もの日干し粘土板文書を発見した。それらは大分傷んではいたが，板面にびっしりと楔型文字が刻まれていて，何か古代の記録であると思われた。この粘土板は文字解読のために大英博物館に持ちこまれて，そこで綿密な調査が開始された。

その結果，これらはB. C. 330年ごろからA. D. 1世紀に至る間に，古代マケドニア人およびパルテア人が，メソポタミア地域を占領していたころの古記録であるとわかった。その後も発掘調査がすすむにつれて，あちこちの遺跡から粘土板記録がぞくぞく見つかった。同様なもののいくつかは，もっと前からアラビア人が旅行者にみやげ物として売りつけていたという話である。

これらの粘土板は完全な形で残っているものは少なく，ほとんどの板はバラバラに割れて，いくつもの破片になっていた。一つの破片からは数行の文字列が読みとれる程度のものが多かった。そこで「ジグソー・パズル」の謎解きにも似た文章組立て作業が始まった。そして始めはバラバラであった破片も，やがて結ぎ合わされ，切れ切れの文字も次第にまとまった文章に構成されていく。

そのうちの一枚の粘土板は，ある王様のある治政年における出来事を記録したものであるとわかった。王様の名はわかってもその絶対年代（例えば西暦年）は依然として不明である。ところが，それらの文字列の中に天文に関係ある記事が含まれていれば，それを手掛りとしてその王様の治政年を推定することができる。これは天文学の功績である。

具体的な例を挙げよう。ある粘土板に，

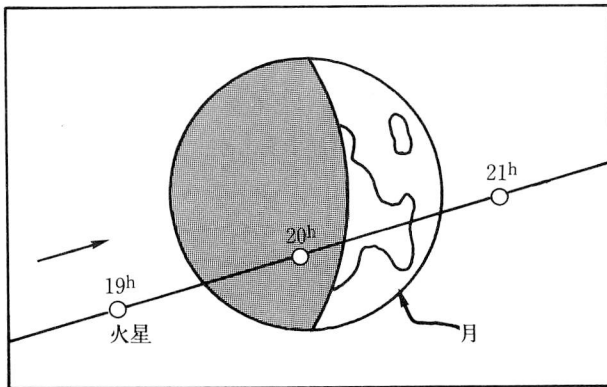
“バビロン王朝の第10代カンビサス王の第7年秋10月の後半に，暁の東天

図Ⅰ-1　オリエントで発掘された楔形文字粘土版の一例。ほぼ原形を保ったもの（O. Neugebauer : Astronomical Cuneiform TextsⅢ（1955)。

にあって，金・火・木・土の４惑星が集合して見えた。”
という文章が判読された。そこで過去にこのような天文現象がおきたと思われる年月日を天文計算によって推算してみると，それはB. C. 523年10月23日に，確かに上のような惑星集合があったと判明した。このようにして，カンビサス王の第７年はB. C. 523年という絶対年が決まったのである（このことについての数値計算の詳細は第XVII章の**2**に示してある)。

このように，アッシリア・バビロニア・古代ペルシアの考古遺物が天文計算によって年代決定がおこなわれたのが，A. D. 1880年前後のことであった。つづいて，古代ローマ・アレキサンドリアの古文書にのこる天文記録についても同様な調査がすすめられた。従来，考古学ないし歴史学は文科系の人の研究分野であったが，ここに数理天文学という理科系の研究者の手がさしのべられることになった。すなわち，古天文学の登場である。

## 2.　パソコン天文学

古代の天文記録を自分が組んだパソコン・プログラムを使って演算していると，時には“やったァ！”とひとりで悦に入ることがある。たとえば，「まえがき」にも述べたごとく，アリストテレス（384～332 B. C.）が，アテネで火星の食を見たという古記録がある（出典は不詳だが，筆者はこれを K. Schoch の『惑星表』(1927，後述）の p. 19から採った。『アリストテレス全集』の中のどこかにあるのかもしれない)。その日付は B. C. 357Ⅴ 4の夜だという。そこで計算を試みると，図Ⅰ-2のように火星がうまく月中に入るのである。こんなときには，古代ギリシャの有名な哲学者が時空を超えて，身近かに感じられてうれしくなってしまう。本書の読者も，本書の手引きによって同じ喜びを味わってみないかというのが，本書刊行の趣旨である。

この学問はいまから1世紀ばかり前に，ドイツ・オーストリアを中心に興こり，オリエント古代史の年代決定に大きな貢献をなしとげた。なかでも，1887年にウィーンで出版された Oppolzer の有名な『食宝典』はその業績の1例である。他にも，P. V. Neugebauer や K. Schoch の著書と数表がある。この学問は“Astronomische Chronologie”と呼ばれ，わが国には昭和初期に紹介されて「天文年代学」と訳されている。しかし日本ではその後，これを手がける学者

図Ⅰ-2　B.C. 357Ⅴ 4夜に，アテネでアリストテレスが見たという月による火星の掩食を古天文学計算で再現した図。

は少なく，発展もなかった。現在筆者は「古天文学」という新造語を使ってその再興をはかっている。

以下の内容は，筆者が日本大学文理学部で1985年前期の自然科学特別講義を行なったときの講義ノートをもとに編集したものである。「古天文学」の講義としては本邦初演であると思う。大学の講義は回数がすすむにつれて聴講する学生の数が減るのが通例であるが，幸いにも「古天文学」の場合は最終講義まで150人の学生を引きとめることができた。それだけ話の内容が現代の若者の興味をそそったのかもしれない。

この種の計算はもともとノイゲバウエルやショッホが作製した計算数表を使って長い労力と時間をかけて結果を得ていたものである。筆者もこの学問に入りたてのころは同じ苦労をかさねていた。しかし，近時の急速なパソコンの普及に際会して，思い立ってパソコン・プログラム化にとりかかり，半年間の試行錯誤のすえに，本書に載せるプログラムを完成することができた。完成したあとの計算のスピードぶりと，誤算皆無の成績は眼からウロコが落ちた感じである。たとえば，ひとつの試行計算に，いままでは20分間を要したものが，いまや１秒間でできてしまう。まさに1200倍の能率である。

もちろんどこかの大学のスーパー・コンピュータを使用できれば，もっと精密にそしてもっと高速に結果が得られるであろう。しかし，それは気軽に使える機械ではない。古天文学の場合，つねに試行錯誤をくりかえして進むので，大型コンピュータはむしろ使いにくい。筆者の経験では，オフィスまたは家庭にあるパソコンが古天文学計算には，もっとも適したデバイスであるといえる。本書の内容はポケット電卓でも計算可能であるが，説明の主流はパソコン向きに書いてある。

## 3.　古代の天文記録

洋の東西を問わず，古代の文献の中には，多くの天文記録が残されている。それらは人智を越えた「天変」として恐れられていたからであろう。それらを以下に紹介してみよう。

**古代の日本**――― A. D. 7 世紀ごろ，飛鳥朝延の陰陽寮の役人は天文現象を忠実に観測して，これが国史に記録されて今日まで残った。いま『日本書紀』

をひもとくと，その随所に日食・月食・月星の掩犯・惑星現象・星昼見・彗星・流星・赤気（オーロラ）などの記録を見ることができる。『日本書紀』のあと，官修の国史は『続日本紀』・『日本後記』・『続日本後記』・『文徳実録』・『三代実録』とつづき，これらは合わせて「六国史（りっこくし）」と呼ばれている。六国史のあとは正規の国史とはいわないが，『日本紀略』・『扶桑略記』など同じ形式の史書がつづいて編纂されている。それらには上述したような天文記録が年月日を明示して載っている。

ところで奇妙なことに，これらの天文記録は史書の中に前後の文脈と関係なく，ポツリと挿入されているものが多い。一例を挙げると「まえがき」にも紹介しておいたが，『日本書紀』巻23に，

“舒明天皇12年２月７日，星月に入る”

という星食の記事がある（ちなみに，この日はユリウス暦に換算して，A. D. 640Ⅲ４に当たる)。この記事は舒明12年紀の最初に記載されており，この星食記事に続いては，同年４月16日に天皇が伊豫から帰り給うたという，まったく別の記事がきている。つまり，この星食記事は，前後の記事と無関係な純粋の天文記事なのである。後世の物語本などによくある何かの事件の予兆として書かれたものではない。ただ，挿入がはなはだ唐突な感じのする記事である。

おそらく『日本書紀』を編纂するに当たって，多くの既存資料を眼の前に並べておき，その中から年代順を考慮し適宜な記事を取捨選択しながら，編纂をすすめたものにちがいない。天文記録などは陰陽寮または大外記にのる記録の中から随意に，たぶん文飾として，採取されたのであろう。ちなみに上掲の舒明12年の星食はわが国最古の星食記事であり，この珍らしい天文記録がたまたま国史に編入されて，今日われわれの目にも触れるにいたった。その原簿である陰陽寮または大外記の記録そのものは今日に伝わっていない。

**古代の中国**———天文記録を国史に編入する例は中国の正史の様式に倣ったものである。中国の正史（20史とか24史とかいう）には，帝王ごとにまとめた編年体の「本紀」(「帝紀」ともいう）なる巻があり，その中の随所に天文記事が記入されている。ところが中国では「本紀」のほかに専門的な「天文志」という巻があって，そこには司天官が観測した天文記録（日食とか彗星とか）が項目別に分類・記入されている。「天文志」の中の記載は「本紀」のそれより

も内容が詳細で量も多い。日本の六国史以下の史書は中国・正史の「本紀」を模範としたものであろうが，日本には「天文志」のような専門的な巻は（ごく近世に至るまで）作られていない。

中国には官修の歴代の正史のほかに尨大な私撰の史書があり，これらを項目別に分類した集成として古くは『文献通考』があり，その巻219の天文の部，また『続文献通考』の巻215～219の「象緯考」の部，『古今図書集成』の中の各所にも，おびただしい天象記録を拾うことができる。それらは正史中の記録と重複するものが多いが，正史にもれているものも少なくない。

岡崎彰氏は A. D. 1222に出現したハレー彗星の記録を『越史略』から発掘したが，これはお手柄である。これは古代ベトナム（越南）の史書である。

**古代の朝鮮**―――古代朝鮮では『日本書紀』に相当するものとして『三国史記』がある。天文記事は歴代の帝王の年代記の中に散見するが，「天文志」のような特別の巻はない。『三国史記』につづく『高麗史』になると，中国風の立派な「天文志」が別巻として存在し，ここでは中国天文志に劣らぬくらい詳しい天文記録が分類記載されている。朝鮮の歴史はそのあと『李朝実録』に引きつがれて，記録はさらに詳細をきわめる。

『三国史記』『高麗史』『李朝実録』を総合し，さらにこれらに洩れた史料をも補足して，今世紀の始め（1908）に，『増補・文献備考』全252巻が刊行されている。これは一種の百科全書であるが，その「象緯考」巻4～巻6の中には天文記録が一括分類記載されている。

**中世以降の日本**―――再び日本のことにもどると，平安時代以降に，国史の編纂が廃止されたのちは，公卿の日記や社寺の記録・旧家の古文書などが今に伝わって，こんにち国史研究上に重要な一等史料の役目を果たしている。そこに見出される天文史料は，公卿の日記の場合は陰陽寮司天官の内奏文（天文勘文または占文という）を中継的に写しとったもの，または公卿自らが観望した天象記録（これはいわば素人の観察）などがまざっていて，読んでみて興味がふかい。

時代が下って，幕末（18～19世紀）に，水戸藩が編纂した『大日本史』は雄大な構想のもとに出発した国史編纂事業であった。その巻359の「陰陽2」の巻には，日本古来の天文記事が多く収集されている。水戸藩によるこの国史編

纂事業は今日では東京大学史料編纂所の『大日本史料』と名を代えて引きつがれ，現在も進行中である。ただし，ここでの編纂は編年体に徹底していて，「天文志」のような専門的な巻の刊行はなされていない。

明治時代に編纂された『古事類苑』巻1の「天部」には，多くの天文記事の収集と用語の解説を見る。これらの集成の中にあって，神田茂氏の労作『日本天文史料』(1935，復刻版は1978）は現在もっとも優れた日本の天文史料の集大成ということができる。この書物は古代からA. D. 1600年までに時代を限定して，その間の公私の史料から天文異象の記事をあつめたもので，日食(536例)，月食（566例)，月星接近（282例)，惑星現象（521例)，星昼見（52例)，彗星（173例)，流星（369例)，雑（216例）の8篇に分類して，おのおの出典ならびに原文を示してある。なおA. D. 1600以降の分は，神田茂氏が収集がまだ不満足とされて未刊行のままに神田氏蔵書の中にあった。ところが神田氏の逝去のあとで，遺族が反古といっしょにこれらを処分してしまった。後年になって，これが古本商の売り立てに出されたのを大崎正次氏が発見して，危くも買いもどされた。この部分は大崎氏が中心となって史料の追加をしたあとで，『近世日本天文史料』(仮称）として刊行が計画されている。また神田・大崎の両氏は沖縄にのこる天文史料を集めて『天文月報』(1932)に発表しているのは珍らしい。

日食・月食に限っていえば，

小倉伸吉「我国古代の日月食記録Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ」，『天文月報』**9**，No. 2～No. 5，1916；

鈴木敬信「本邦古代の日食について」，『日本天文学会要報』**6**，No. 4，1941，または「日本およびその附近における古代中心日食の経路Ⅰ，Ⅱ」，『東京学藝大学紀要』(数学自然科学)，**19**，No. 1，1967；**20**，No. 1，1968，さらに

内田正男『日本暦日原典』(1975）の巻末附録，そして最も完成したものとして

渡辺敏夫『日本・朝鮮・中国――日食月食宝典』(1977)

がある。これは日本・朝鮮・中国の日食・月食記録を天文計算によってひとつひとつ検証したものである。

斉藤国治『国史・国文に現れる星の記録の検証』(1986)

は日食・月食以外の天象で検算可能な月星の掩犯・惑星現象・星昼見・老人

星・ハレー彗星の記録を収集し，これに検証を加えたものである。その収集史料の下限は明治直前まで。また

渡辺敏夫『近世日本天文学史　上・下』(1987)

は時代を近世（江戸時代）に限定しているが，その期間内で最も詳しい史料集成と数値検算とを加えたものである。

**西洋とオリエント**———西洋では2世紀のころ，アレキサンドリアで活躍したプトレマイオスの大著『アルマゲスト』(薮内清訳がある。1949, 復刻版は1982)には，彼の生れる以前の多くの天体観測の記録をも採取していて貴重である。ローマ帝国時代にはプリニーの『博物誌』などにも，天文記録が散見する。パングレの『彗星誌』(1783/84）は東西世界の古代の彗星記事をあつめている。近年になって，R. R. Newton は古代の天文記録を再検討して，地球自転速度の減少の研究をしているが，そこに多くの古史料を発掘展示しているのは注目する価値がある。すなわち，

R. R. Newton, "Ancient Astronomical Observations and the Accelerations of the Earth and Moon" (1970),

"Ancient Planetary Observations and the Validity of Ephemeris Time" (1976)。

この中には，アラビアのイーブン・イウニス(1008)が保存していたイスラーム世界の天文古記録を紹介しているが，これは珍らしい。

以上，日本および外国の天文史料の文献を列記したが，そのわけは，読者がこれらに触れて研究をさらに進めるための手引きにと思ったからである。上に掲げたもののほかにも，まだ数多くのめずらしい史料がどこかにあって，われわれの研究を待っているであろう。

## 4.　古天文学の登場

さて以上述べた記録類は，古くから伝承されてきた貴重な文化財ではあるが，それらは果して今日まで誤りなく伝承されてきたかどうかが問題になる。編纂物の場合には別記事の誤入や誤記・誤脱はないか，また後世における誤写はないか，などの疑いが当然おこる。そこで誤りがあればこれを正し，その文献の

信憑性を総合判断するのが「文献考証」という研究方法である。

そして，その文献の中に天文記事が含まれているなら，天文計算によってその記事の正否を判定する研究の手段が「天文年代学」または「古天文学」であるとはすでに述べた。わが国では，昭和7年（1932）のころ，東京天文台の小川清彦氏がこの方面に手をつけたのが始めてであり，当時の『天文月報』にいくつか月星の掩犯や惑星現象についての論文を発表している。しかし不幸にも，その当時日本中は皇国史観（神国日本の思想）の風潮に浸されていて，小川氏の研究発表は次第にやりにくくなっていた。当時にあっては，『日本書紀』は日本最古の神聖な国史であり，ここに書かれてある記事を批判することは，たとえ学術研究であっても，不敬な行為と見られたのである。小川氏はついに周囲の情勢を考えて筆をおってしまった。

昭和20年（1945）に戦争が終って，不当な圧迫はまったくなくなったけれども，どういう訳か再びこの方面に手をつける人は現われなかった。筆者が思い立って，この方面に進もうと決心したのは，昭和49（1974）年に筆者が東京天文台を退職した以後である。その時にはすでに小川氏は逝去されていた。そして筆者がほんとうにお世話になったのは京都の渡辺敏夫氏であった。同氏は筆者の懇請に応じて，いまは絶版のノイゲバウエルの数表を貸して下さり，筆者はこれをコピーにとり，あとは独学でこれを習得した。小川氏が東京天文台に寄贈されてあったショッホの数表もコピーにとり，製本していまは筆者の本棚に納まっている。これらはすべて古天文学の貴重な古典である。

ところで，現代の数理天文学によれば，日・月・惑星・彗星などの天球上の位置は，ある種の数式を使うことによって，古代に遡って推算することができる。これはアイザック・ニュートンを創始者とする「天体力学」の成果である。その詳細は天体力学の教科書にゆずることとするが，古天文学の場合には，使う方式が「古代」にも通用するように少しく手直しをしてあるのがミソである。その実際については後述する。

古天文学によれば，たとえば次のようなことの検証が可能である。

(1) 史料の中に年月日のついた天文記事がある場合，そのことの真否を判定することができる。そして記事と検算とが合えばよいが，もし合わない場合には，記事の方に何らかの誤謬があると疑ってみる。大ていの場合，その誤謬は

容易に発見されて，正しい文章に復元することができる。筆者の経験では，古い時代の史料ほど，および編纂物の場合はとくに，誤謬が多く発見される。これは伝写の際の誤記や編纂時の誤入・誤脱がその原因であると思われる。

(2) 史料の文章に年月日と天文現象の記述がそろっていれば万全であるが，その一部が欠けている場合，たとえば日付を欠くとか，天変の種類が不明であるとかの場合でも，試行錯誤の計算をくりかえすことで，記事の欠を補って，原文よりも詳しく当時の情況を再現することができる。たとえば，日本の古文書には月日のみを書いて「年」の記載のない文書（書簡など）が多い。これらは「無年号文書」と称して，その年号の決定が文献学者の研究対象である。もしこの文書の中に天文現象が記されていれば，古天文学の方面から別途にこれを解決することが可能なのである。

(3) もっとも，この手法がすべての天文記事の検証に適用できるわけではない。主として日・月と惑星に関する天象に限られる。すなわち，日食・月食・月星の掩犯・惑星現象・星昼見・南極老人星や天体の出入に関する計算に適用できる。彗星は回帰の周期が判明しているもの（たとえばハレー彗星）については計算が可能である。しかし一過性の彗星や突発性の流星の古記録は古天文学では真偽の判定のしようがない。井本進・長谷川一郎の両氏は新星（超新星を含む）や彗星・流星雨の古記録を多く収集している。これらは大いに興味ある対象であるけれども，古天文学計算の対象になりにくい。将来そのような方面にまで検証ができるようになれば幸いである。

## 5.　天体位置表

前節では，日・月・5惑星の天球上の位置を古代に遡って推算する方式の存在することを述べたが，ここではそれを具体的に示そう。日・月・5惑星の位置推算は東洋でも西洋でも古くから天文学の主要な対象であった。東洋ではA. D. 62年ごろに書かれたという『漢書』「律暦志」の中に「五歩」の條があり，その推算法を詳しくのべてある。そののち歴代の王朝史には『七曜暦』の存在を載せるが，ここで七曜とは日・月・5惑星のことである。西洋ではプトレマイオスの『アルマゲスト』以来，惑星運行の研究は占星術とともに発達した。

ところで近世になって，日食・月食理論はオーストリアを含むドイツ語共用

圏で長足の進歩をとげたから，食理論の有名な論文・著書は下に示すように，すべてドイツ語で書かれている。

P. A. Hansen：Theorie der Sonnenfinsternisse und verwandten Erscheinungen (1880)

F. K. Ginzel：Spezielle Kanon der Sonnen- und Mondfinsternisse für das Ländergebiete der Klassischen Altertumwissenschaften und der Zeitraum von 900 v. Chr. bis 600 n. Chr, (1882/84)

Robert Schram：Tafeln zur Berechnung der Näheren Umständer der Sonnenfinsternisse (1886)

Theodor Ritter von Oppolzer：Canon der Finsternisse (1887)

このうち最後に掲げた書物は，オッポルツェルの『食宝典』と呼ばれるもので，すでに紹介ずみである。その原本は久しく絶版であったが，近年になってアメリカ Dover 出版社から英語解説文つきの復刻版（1962）が出版されて，入手が容易になった。

日本では，既述の

渡辺敏夫『日本・朝鮮・中国———日食月食宝典』(1979)

が出版されている。これは東洋圏でみられる日食・月食に限定しているけれども，計算の精密さにおいてはオッポルツェルよりも格段にすぐれている。ただし本書は日本・朝鮮・中国の史料に記載してある日食・月食のみをあつかっているものであり，一方，オッポルツェルの本は地球上で起りうるすべての日食・月食を網羅しているのとではその趣旨がちがう。しかし，歴史家にとっては渡辺表の方が便利かもしれない。

その他オッポルツェル表の精度の向上または記載の年代範囲を拡張した食典がたくさん刊行されている。下に一括してこれを示そう。

J. Meeus：“Canon of Solar Eclipses (1966). これは A. D. 1898～2510の範囲の詳しい日食表および食経路図を示す。

Hermann Mucke-J. Meeus：Canon of Solar Eclipses −2003 to +2526 (Wien, 1983)

J. Meeus-Hermann Mucke：Canon of Lunar Eclipses −2002 to +2526 (Wien, 1983)

これはオッポルツェルの食表の年代を前後に拡張したものである。

F. Espenak：Fifty year Canon of Solar Eclipses：1985—2035 (NASA 1987)

以上に示したごとく，日月食論は独自の展開を進めて今日なお食表の刊行が絶えないが，食としてとらえるのでなく，日・月の運動を別々にあつかった天体位置表も当然存在する。これらはすべて古典といわれるものである。それらは

P. A. Hansen：La table de la lune（London, 1857）

Simon Newcomb：Tables of the motion of the Earth on its axis und around the Sun（1895）

E. W. Brown：Tables of the motion of the Moon（1919）

などが代表的なものだが，非常に稀少書なので専門家でないと目に触れることはむずかしい。(つまり，現在復刻本が出ていないのである。)

惑星表については，Leverrier, Newcomb, Hill, Gaillot らの論文があり，後述の P. V. Neugebauer の書物（1914）に簡潔に紹介されている。これらは A. D. 1670以降約200年にわたってなされた惑星の位置観測を整約して，その運動を一種の実験式にまとめたものである。これらはその年代範囲内での惑星の運動を表わしているとはいえようが，古代に遡っても適用可能かというと，いささか疑問が残る。つまり内挿はさしつかえないが，外挿を保証するものでない。

ショッホは『アルマゲスト』中に載る古代の月食データ（後出の第XV章を見よ）に最も合うように月の運動方式に「永年項」を附加している。すなわち，上記の近代観測にもとづいた諸研究とはひと味ちがった「天文年代学的」な実験項を加えて，古代に遡っても充分天象と合うような数式を求めたのである。この種の「天文年代学」の教科書ともいうべきものは下のごとくである。

P. V. Neugebauer：Tafeln zur astronomischen Chronologie, Ⅰ（1912），Ⅱ（1914），Ⅲ（1925）

P. V. Neugebauer：Astronomische Chronologie, Ⅰ，Ⅱ（1929）

Karl Schoch：Planeten-tafeln für Jedermann（1927）

Paul Ahnert：Astronomisch-Chronologische Tafeln（1971）

ここでも依然として，ドイツ語が幅をきかせているのをみる。これらの書物に

は多数の数表が掲げられていて，観測の年・月・日・時および必要なら観測地の経度・緯度に応じて，それらの数表から読みとった数値を単に加算することによって，その天体の黄経・黄緯が求められるようになっている。月の場合は視差の補正をした「見かけの」黄経・黄緯値が求められる。こうして得られた数値の精度は諸本によって異なり，もっとも簡単なアーネルト本では0°.5，ショッホ本では0°.1，ノイゲバウエル本では0°.01の精度が標準である。もちろん精度の高い本では結果を出すまでの時間と労力は増加する（それはほぼ精度値の逆数に比例すると思えばよい)。これらの表を使うとB. C. 4000からA. D. 2000までの間にわたって自在に計算ができる。計算そのものは時代が古いからといって特に時間・労力に差はないけれども，実際問題として古い時代の方が誤差は大きくなるのは当然であろう。

古代に遡ることを目的とせず，最近数年ないし数10年に限って，やや詳細な位置を求める目的には下の表があるが，これらは本書のように古代を専門とする研究には不向きである。

J. Meeus：Tables of Moon and Sun（1962）
暦計算研究会：『こよみ便利帳』(1983)
中野主一：『マイコン宇宙講座』(1980)

近年は大型計算機器の発達にともなって，とくにアメリカにおいては，古代から中世，近世までの日・月・5惑星の天球上位置（黄経・黄緯）や毎月の朔望の時刻を計算した数表が多く刊行されている。下のとおりである。

Bryant Tuckerman：Planetary, Lunar and Solar Positions, I. B. C. 601 to A. D. 1 （1962）；II. A. D. 2 to A. D. 1649（1964).
Herman H. Goldstine：New and Full Moons, B. C. 1001 to A. D. 1651（1973）
M. A. Houlden, and F. R. Stephenson：A Supplement to the Tuckerman Tables（1986）
O. Gingerich-B. Welther：Planetary, Lunar and Solar Positions, A. D. 1650～1805（1983）

このうち，タッカーマン表では，日・火・木・土星については10日間隔で，月・水・金星については5日間隔で黄経・黄緯値を計算してある。計算の精度は太陽と5惑星については0°.01のケタまで，月については0°.1のケタまでで

ある。Houlden-Stephenson 表は，火星の位置計算についてタッカーマン表の微修正をおこない，あわせて5惑星の光度等級を追加している。

これらの数表ははなはだ便利であるが，月に関しては問題が残る。月の黄経・黄緯は5日間隔で与えてあるが，これではあまりにも間隔が空きすぎて，とうてい内挿によって中間の日時における精密な位置を求めることはできない。また，月には視差（その最大は±1°.0）があるから，同一世界時でも観測地によってはその見かけの黄経・黄緯値が異なる。このことは，日食・月星の掩犯などの計算についてはタッカーマン表は無力であるということである。やはり，ノイゲバウエル表，ショッホ表またはそれにもとづいてプログラム化されたコンピュータ，たとえば本書の方式に頼らねばならないのである。

最近になって，アメリカのジェット推進研究所から Jet Propulsion Laboratory Ephemeris（略して，JPLE または DE 102）の開発が発表された（1983）。これは従来の天体望遠鏡による角度観測のデータを廃して，レーダーや宇宙探測機を使って得た惑星までの実距離値や惑星質量についての新資料を基にし，あとは万有引力則だけを信頼して，古代に遡って日・月・惑星の立体座標を推算する方式である。この方式の前身みたいなものは，1907年にイギリスのコーウェル・クロムメリンが1910年に出現したハレー彗星の推算に使って成功した数値積分方式があり，原理的にはこれと同じ手法である。もちろんこのためにはスーパー・コンピュータを必要とするから，パソコンでは歯が立たない。近く米暦ではこの方式を採用して天体位置推算表の作製にうつるようである。ここでは暦表時（E. T.）を使うのであり，年代学では U. T. を使うのとの違いがある。筆者はその方式の詳細を知らないので，ちょっと紹介をするだけにとどめておく。

## 6.　暦法と暦日

古代の日本では，はじめ天皇の即位年をもとに年号を数えた（たとえば，「推古天皇36年」など）。やがて中国の様式をまねて「元号」を用いるようになった（たとえば，「大化元年」）。しかし，この制度は瑞兆・凶兆のあるごとにしばしば改元がおこなわれるようになり，通年の勘定がはなはだ面倒になった。第2次大戦前のわが国では，神武天皇即位紀元という一種の通年方式が存在し

て元号と併記されていて，これはこれで便利であったが，戦後はこれも影をひそめてしまった。これに代っていまでは西暦年号が通年として一般に使われている。確かに西暦年の使用は外国（本書の場合は主として西洋・中国・朝鮮をいう）の天文史料との間で比較照合をする上では便利である。

西暦年の使用は便利には違いないけれども，西暦年の途中に一つの断絶があることに注意を要する。古天文学の場合これは特に重大である。それは，紀元前から A. D. 1582 Ⅹ 4 までは「ユリウス暦」が用いられ，その翌日は突然Ⅹ15となり，以後「グレゴリオ暦」に改暦されたことである。

ユリウス暦は紀元前から使用されてきたため，暦日と季節との間に「ずれ」を生じてきて，16世紀ごろにはそれがますますひどくなり，日常生活の上でも目立つようになった。そこで教皇グレゴリオ13世の名の下に，日付を10日飛ばすという英断がおこなわれた。同時につぎのように暦法をも改訂した。

ユリウス暦法では，平年を365日とし，4年に1回の割で閏年（366日）を入れた。具体的には，西暦年号が4で割りきれる年は閏年として，この年にはⅡ月を1日増して29日としている。しかし，これでは長い目で見ると閏の挿入の仕方が多すぎる（実はそのために，上記のような「ずれ」が生じたのである）。そこで，グレゴリオ暦法では，閏年の挿入をわずかに減らすことにした。すなわち，原則としては4年に1回の閏を入れるけれども，そのうち特に100で割り切れる年は平年とする。ただしこのうちで400で割りきれる年に限って閏年にもどすこととする。例をあげれば，A. D. 1600年，2000年は閏年であるが，A. D. 1700，1800，1900年は平年とする。こうすると，ユリウス暦にくらべて，400年間に閏年の挿入が3回減ることになる。

これを数値的に表わせば，ユリウス暦の100年は$36525.^{d}0$であり，グレゴリオ暦の400年は，$36525^{d}\times4-3^{d}=146097$日である。したがって，

　　ユリウス暦の1年＝$365.^{d}25$

　　グレゴリオ暦の1年＝$365.^{d}2425$

となる。

ところで，太陽が天球上春分点を出発して再び春分点にもどるまでの日数は，これを1「太陽年」というが，観測からこの値は

　　1太陽年＝$365.^{d}24219$

とされている。だから，グレゴリオ暦の1年と太陽年の1年との差は，$0.^{d}0031$となり，グレゴリオ暦を使っているかぎり，今後3000年を経過して，やっと1日の狂いを生ずる程度である。

本書ではユリウス暦とともに，時代が近世にはいればグレゴリオ暦をもって表示する。日本の暦法家のうちには，日本の暦日の西暦表示を一貫してグレゴリオ暦に固執する人もいるが，筆者はこれをとらない。外国の天文史料との比較の際に，日付の混乱がおこるからである。

A. D. 1582年にグレゴリオ暦が始用されたのはローマ法王庁の指令の及ぶ国々（イタリア・フランス・スペインなどカトリック教国）だけで，イギリス（聖公会）・ドイツ（プロテスタント）・ロシヤ（ギリシャ正教）などは，それぞれの国情に従っておくれて改暦をおこなっている。したがって，16世紀以降の古文書を読むときは日付がどちらの暦日で書かれたものか，慎重に調べる必要がある。A. D. 1582年以後の西洋で，画一的にグレゴリオ暦が始用されたわけではない。

ユリウス暦とグレゴリオ暦とで，暦日の差はA. D. 1582年には10日であったが，その他の年代に暦法を外挿したらどうなるかを下表に示そう。この表で，ユリウス暦日に「補正日数」を加えるとグレゴリオ暦日が得られる。

**ユリウス暦とグレゴリオ暦との換算**

| 西　暦 | 補正日数 | 西　暦 | 補正日数 | 西　暦 | 補正日数 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 年 | −2日 | 800 年 | +4日 | 1600 年 | +10日 |
| 100 | −1 | 900 | +5 | 1700 | +11 |
| 200 | 0 | 1000 | +6 | 1800 | +12 |
| 300 | +1 | 1100 | +7 | 1900 | +13 |
| 400 | +1 | 1200 | +7 | 2000 | +13 |
| 500 | +2 | 1300 | +8 | （注　表はその年の3月1日以後についての補正日数である） | |
| 600 | +3 | 1400 | +9 | | |
| 700 | +4 | 1500 | +10 | | |

表からわかるように，A. D. 200〜299年の間はユリウス暦とグレゴリオ暦との日付は一致している。そして，この世紀を境として，「補正値」はマイナスからプラスに転じている。そして現代では補正値は+13日である。この値は西暦20世紀と21世紀とにわたって同一量であることも，この表からわかるであろう。

# Ⅱ　はじめる前の予備コース

## 1.　紀元ゼロ年とゼロ日

古天文学の計算にはそれなりの約束ごとがあるから，まずそれらに慣れてもらう必要がある。われわれが現在使っている西暦年はA. D. 1年の前年をB. C. 1年と数える習慣になっていて，両者の間に紀元ゼロ年というものがない。しかし，代数の計算に親しんでいる現代人にとっては，このように原点ゼロを欠く座標系を使うことは耐えられないのである。そこで，古天文学においては，A. D. 1年の前年に紀元0年を挿入する。つまり，従来のB. C. 1年を紀元0年と見なすのである。したがって，その他のB. C. 年は順おくりに座標軸上を左方へ1年ずつずれることになる。一般に$N$を正の整数とすると，B. C. $N$年は$-(N-1)$年と書き換える。たとえばB. C. 240年は−239年のように書く。このような書き方の年号表示を「天文年代学的な年号」と称している。このような事情を知らない人は，−239年をうっかりB. C. 239年のことだと間ちがえてしまう。これは厳重に注意しなくてはならない。本書では今後あるいはB. C. 年表示を使ったり，あるいは天文年代学的年号を使ったりするから気をつけてもらいたい。紀元後の年号については，A. D. 年の数値はそのままで＋記号をつける。たとえば，A. D. 1900は＋1900と書く。この方は別段混乱はおこらない。

天文年代学的年号表示にすると便利なことのひとつは閏年の数え方である。ユリウス暦では「西暦年が4で割り切れる年は閏年」と覚えることはだれでも知っているが，これはA. D. 年にだけ通用する法則である。B. C. 年ではこれは通用しなくなる。なぜなら，紀元前の閏年はB. C. 1，B. C. 5，B. C. 9だからである。これを天文年代学的年号表示にすると，これらはそれぞれ0，−4，−8となるから，4で割り切れて閏年の法則が一貫して通用するわけである。では，演習をやってみよう。

**●演習1.** B. C. 4 年初から A. D. 6 年初までの年数差はいくらか。

B. C. 4 年初は$-3.^{y}0$，A. D. 6 年初は$+6.^{y}0$である。したがって，両者の年数差は$6-(-3)=9$年が正しい答。これを10年としたら間ちがいである。

紀元０年の挿入が数値計算上合理的だと判ると，日の数え方にもこれを拡張したくなる。われわれの日常の使い方では，毎月の始めは１日であり，１年の始めは元旦である。「０日」という概念がない。そこで，「０日」を新設しよう。「０日」とは１日の前日のことである。たとえば５月０日とは４月30日の意であり，正月０日とは前年12月31日の意と解釈する。０日の設定で有利な点は，３月０日とは平年では２月28日のこと，閏年では２月29日のことになる。つまり従来のように「平年では…閏年では…」と断らなくても，「３月０日」で話はすんでしまうのである。

なお本書を通じて，１年12ヵ月を表わすのに，Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ，Ⅴ，Ⅵ，Ⅶ，Ⅷ，Ⅸ，Ⅹ，ⅩⅠ，ⅩⅡなるローマ数字を使うこととする。たとえば，1900年１月０日のことは，1900Ⅰ０などと書く。これは，1899ⅩⅡ31のことでもある。

時刻の数え方については，現在「０時」という使い方が定着しているから容易に理解できる。中国でも日本でも，昔は時の数え方に，初刻，１刻，２刻，……というのを使っていた。この場合の，「初刻」とは「０刻」の意である。

以上の説明によって，天文年代学では，０年，０日，０時などが普通に使われることを理解されたと思う。ただし，「０月」という使い方はおこなわれていない。１年の最初の月はやはり「正月」または「１月」である。

**●演習2.** B. C. 4 年Ⅲ４と A. D. 2 年Ⅴ５との年数差はいくらか。

B. C. 4，Ⅲ４$=-3$，Ⅲ４$=-2.^{y}83$，

A. D. 2，Ⅴ５$=+2$，Ⅴ５$=+2.^{y}34$，

ゆえに両者の年数差は$5.^{y}17$である。

1年中の月日をⅠ0から数えはじめるとして，その通算日数を「通日」と呼ぶ。通日は下表のような簡単な表をつくって，毎月0日の通日を表示しておくと，1年中の任意の月日の「通日」を求めるのに便利である。ただし，Ⅲ0以降の通日はその年が平年か閏年かによって1日の差を生ずる。

この表の使い方は，たとえば平年のⅧ12の通日を求めるには，まずⅧ0の通日として212日を得たら，これに日数12を加えた224日がⅧ12の通日となる。これはⅠ0から数えた実質的な日数である（従来のような「足掛け」の日数ではないことに注意する）。

**通　日　表**

| 暦日 | 平年 | 閏年 |
|---|---|---|
| Ⅰ0 | 0 | 0 |
| Ⅱ0 | 31 | 31 |
| Ⅲ0 | 59 | 60 |
| Ⅳ0 | 90 | 91 |
| Ⅴ0 | 120 | 121 |
| Ⅵ0 | 151 | 152 |
| Ⅶ0 | 181 | 182 |
| Ⅷ0 | 212 | 213 |
| Ⅸ0 | 243 | 244 |
| Ⅹ0 | 273 | 274 |
| Ⅺ0 | 304 | 305 |
| Ⅻ0 | 334 | 335 |
| Ⅰ0 | 365 | 366 |

**●演習3.**　ある閏年のⅡ10から同年Ⅸ15までの日数差はいくらか。

上表を見て，Ⅱ10の通日は 41日，
閏年の　　　Ⅸ15の通日は259日，
したがって，この間の日数差は218日である。

通日は1年以内または数年以内の日数差を求めるのには便利であるが，互いに数百年も隔たる2つの日付の間の日数差を求めるのには不向きである。古天文学ではつねにこのような日数差が計算の対象となってくる。このような場合には，後出の「ユリウス通日」の概念を導入することになる。

## 2. 天 文 時

ある土地で太陽が南中する瞬間に，太陽の赤経値はその土地の恒星時に等しい。たとえば春分の日に，太陽が子午線通過（すなわち南中）するとき太陽の赤経は$0^h 0^m$であり，したがってその時の恒星時は$0^h 0^m$である。むかし西洋の天文家は春分の正午をもって，1年の初めとしていた。だから，天文家にとっては正午が1日の始まり，または日の替り目であった。そして1日とは今日の正午から翌日の正午までとした。現代では1日の始めはその日の夜半とするから，むかしの天文家が決めた1日の始めは現行のものより1/2日遅れていることになる。何故こんな現実離れのした1日を使っていたかといえば，天文家がおこなう観測は専ら夜間におこなわれるから，夜半に日が替ってはわずらわしかったからである。天文家が使う「天体暦」書は正午を$0^h$とする表示で記載がされていた。そして，このような時制を「天文時」といった。時代が20世紀に入って，国際社会の交流が頻繁になってくると，天文時による表示は世人の誤解をまねく事がしばしばあり,そこで国際天文連合(I.A.U.)は議決をおこなって，天文家も現用の日用時（civil time）を使うようにきめた。これが1925年のことで，この年以後の天体暦は時制が現在と一致している。もちろん天文家といえども，日常生活には現用時を使っていたから，かれらは2重の時制を使い分けていたことになる。

ところで，天文年代学の発生は，この天文連合の議決より前に始まっており，すべての数表は古い時制（正午を$0^h$とする）を採用している。だから，天文年代学を独学しようとする人は，この点についても充分承知していなければならない。たとえば，後出**第Ⅲ章**で述べることだが，太陽の天球上運行の元期（時間の始点）は，A. D.1900 Ⅰ 1.5 U. T. と書いてある。これは1900年正月元旦の正午（世界時）を時間軸の0時とする意味である。

ちなみに，中国では暦算上は夜半を日始としていたから，これは現行と同じである。いっぽう，日用的には「丑寅の境」すなわち午前3時を1日の始めとして使っていた形跡がある。この用例は日本でも引きつがれている。このことについての考究は下の論文を見られたい。

斉藤国治「日本上代において一日は午前3時に始まった——その天文年代学的な検証」『科学史研究』第Ⅱ期，**19**，No, 134（1980）

斉藤国治「古代朝鮮（A. D. 205〜1390）の星食記録の検証——一日の始めの問題を含めて」，同上，No, 136（1981）

江　濤（T. Kiang）「論我国史籍中記録下半夜観測時所用的日期」『天文学報』（北京），**21**，No, 4（1980）

たとえば，ある日の丑時（午前2時）とはその日の未明のことではなく，翌日の未明の午前2時のことである。

### 3.　ユリウス通日（JD）

悠久の過去から悠久の未来へと流れる時間軸の上に1点を定めて，これを「暦元」とする（中国古代の暦学ではこれを「上元」と称した）。西洋では16世紀のころ，イタリア系フランス人の年代学者Joseph Justus Scaliger（1540〜1609）が古代の暦日を調べる必要から考案した暦元は，−4712，I 1 世界時正午（12$^h$ UT）であった。この時点を0.$^d$0として，経過する日数を以て通日とした。この日数勘定法は便利なので，後世この勘定法による日数値のことを「ユリウス日」(Julian Days) ということが定着した。ここでユリウスとは発明者ヨセフの父親の名Juliusを採ったというが，たまたまローマ皇帝Julius Caesar（100〜44 B. C.）と同名であり，この皇帝の名をとったユリウス暦が当時通用していたから，両者はしばしば混同誤解されることになった。これは現代でも誤解される恐れがあるので，いま話題にしている通日のことはとくに「ユリウス通日」と称することとして，ユリウス暦と厳重に区別しよう。「ユリウス通日」は略字として*JD*と書くこととする。

なお，ユリウス通日の「暦元」である−4712年（B. C. 4713でもある）に何か大事件が起こったというわけではない。暦のいろいろの周期（太陽章の28年・太陰章の19年・Indictio周期の15年）の各初年が一致する年がたまたま−4712年になるというので，発案者が便宜上この年を暦元に採用したのである。こうしておけば，歴史上の事件はすべてこの暦元以降の年代に納まるであろう。つまり，ユリウス通日にはすべてプラス記号がつくわけになる。

実をいうと，ユリウス通日が考案された当初は，大ざっぱな勘定の仕方で，1日の小数位までは考えなかった。しかし話がだんだんこまかくなって，「正午」とは地球上のいかなる土地の正午を指すのかが問題になった。そこで現代では，

それはグリニッチにおける「平均正午」ということに決まっている。

たとえば，A. D. 1900 Ⅰ 1，グリニッチ正午のユリウス通日は，後出の演習で証明するように $JD=2415021.^{d}0$ である。

近ごろ，ユリウス通日を少しく改変した「準ユリウス通日」(Modified *JD*, 略して *MJD*）を愛用する人が一部にある。これは

(1) ユリウス通日の最初の2ケタの数学24を省略する。

(2) 日の始点を正午（$12^{h}$ U. T.）から12時間前の正子（$0^{h}$ U. T.）に移す。

というものである。これは目的によっては有効であろうが，古天文学では使用できない。なぜなら，「準ユリウス通日」の暦元 $MJD=0^{d}$ の日付は A. D. 1858 ⅩⅠ 16に当たり，これより以前はすべてマイナス記号がついてしまうからである。これでは遙かに古代をあつかう古天文学にとってはわずらわしい。

ユリウス通日を求めるには，例えば『理科年表』の暦部の該当個所を見れば，簡単な加算をしてこれが得られる。または自分で算出する方式もある。

ユリウス通日を計算する方式は各種あるが，筆者が愛用しているのは古天文学に適した方式である。それを下に示そう。

**ユリウス通日の求め方**

西暦 $Y$ 年 $M$ 月 $D$ 日に，東経 $LON°$（西経なら $-LON°$ を使う）の土地で，地方平均時（LMT）の $H$ 時（正子 $0^{h}$ LMT から数え始める24時間制で数える。分秒があれば時の小数で表わす）に相当する $JD$ を求めるには，まず

(1) $Y$ が B. C. 年表示で与えられているのなら，まず $Y=-(Y-1)$ の変換をする。A. D. であればそのままでよい。

(2) もし $M<3$ ならば，$Y=Y-1$，$M=M+12$ なる置換をする。$M\geqq 3$ の場合はそのままを使う。

(3) つぎに

$$S=[365.25Y]+[30.59(M-2)]$$

なる $S$ を求める。ここで[　　]とはカッコ内の計算値が実数軸上で値が小さい方の整数に置換するという意味である。たとえば，

$$[735.8]=735,\ [-781.2]=-782$$

とする。後者を4捨5入して−781としてはならない。負数の場合の整数化にはとくに注意。パソコンでは［　　］の代りに *INT*(　　) なる関数を使うと，

正数・負数にかかわらず，自動的に上の規則通りに整数化してくれる。(ただし，この規則に従わないパソコンが外国にはあるらしくて，たとえば

J. Meeus "Astronomical Formulae for Calculators (1985, Third edition)

の23ページには，わざわざ

$INT(-4.98)=-4$

という例題を掲げている。われわれのパソコンの場合はかならず

$INT(-4.98)=-5$

である。Meeus のような使用は一般的ではないと思う。)

(4) つぎは

$JD=S+D+H/24-LON/360+1721086.5$

を計算する。これがユリウス暦行用期間中のユリウス通日 *JD* である。

(5) 問題の年月日が，グレゴリオ暦行用期間中に含まれているなら，さらに

$A=[Y/400]-[Y/100]+2$

を計算したうえで，(4)の *JD* に追加する。すなわち

$JD=JD+A$

とする。これが，グレゴリオ暦行用期間中のユリウス通日 *JD* を与える。ちなみに，ユリウス暦は A. D. 1582 X 4 まで行用され，その翌日はグレゴリオ暦 A. D. 1582 X 15となった。つまり，A. D. 1582年には X 5 から X 14までの10日間が抜けていることはすでに述べた。

A. D. 1582 X 4， $12^h$ U. T. は JD $2299150.^d0$ に等しいから，この日を境としてパソコンでは IF 文を使って

IF　$JD>2299150$　THEN　$JD=JD+A$

なる1行をプログラムに挿入しておけば，ユリウス暦とグレゴリオ暦との判別と切り換えは自動的におこなわれる。では，演習をやろう。

**●演習4.**　A. D. 1900 I 1，グリニッチ正午の *JD* を求めよ。

$M<3$だから $Y=1900-1=1899$，$M=1+12=13$　なる置換をしておく。その他に，$D=1$，$H=12$，$LON=0$であるから，

$S=[365.25\times1899]+[30.59\times11]$

$=[693609.75]+[336.49]$

$=693609+336=693945$

(4)の式を計算すれば

$JD=693945+1+0.5+1721086.5$

$=2415033.^{d}0$

IF 文によって，グレゴリオ暦日であるから

$A=[1899/400]-[1899/100]+2$

$=[4.7475]-[18.99]+2$

$=4-18+2=-12^{d}$

を上の $JD$ 値に追加して

$JD=2415033.^{d}0-12^{d}=2415021.^{d}0$

が問題の答である。この $JD$ は今後よく使う計算上の原点である。これを元期（epoch）という。

**●演習5.** B. C. 1，Ⅰ 1，東経135°の土地における地方正午の $JD$ を求めよ。

まず，$Y$=B. C. 1 =0，さらに $M<3$ だから

$Y=0-1=-1$，$M=1+12=13$ と置換する。

$D=1$，$H/24=0.5$，$LON/360°=0.375$

であるから，

$S=[-365.25]+[30.95\times11]$

$=-366+336=-30$

ゆえに

$JD=-30+1.5-0.375+1721086.5$

$=1721057.^{d}625$

を得る。

**●演習6.**　B. C.600 V 7，東経45°の地方時19ʰのJDを求めよ。

$Y=-599,\ M=5,\ D=7,\ H/24=0.792,\ LON°/360°=0.125$だから，

$S=[-218784.75]+[30.59\times 3]$

$=-218785+91=-218694$

ゆえに

$JD=-218694+7.792-0.125+1721086.5=1502400.^{d}167$

ちなみに，$0.^{d}01=1.^{m}44$に当たるから，古天文学計算では，日の小数は3ケタまでとり，以下は4捨5入をすれば充分であろう。

**●演習7.**　−4712 I 1，グリニッジ正午のJDを求めよ。

はじめに$M<3$であるから，$Y=-4712-1=-4713$，$M=1+12=13$と置換しておく。$D=1$，$H/24=0.5$，$LON=0$，これらを代入すると

$JD=-1721088+1.5+1721086.5$

$=0.^{d}0$

を得る。これはユリウス通日の暦元がたしかに$0.^{d}0$であることを証明したものである。

なお，これらの計算には，ポケット電卓では少くとも10ケタ表示のものが必要である。パソコンなら倍精度計算のためのシャープ記号＃を数値の後につけて演算をすることを忘れてはならない。

ユリウス通日（JD）を求めるためのプログラムの1例を下に示す。

```
160 INPUT Y, M, D, H, LON
170          IF M<0 THEN Y=Y-1：M=M+12
180 S=INT(365.25*Y)+INT(30.59*(M-2))
190 S#=S：D#=D：H#=H/24：LON#=LON/360
200 JD#=S#+D#+H#-LON#+1721086.5#
```

```
210          IF JD#<2299161#  THEN  PRINT  "JULIAN JD="JD#
220  A=INT(Y/400)-INT(Y/100)+2：A#=A
230  JD#=JD#+A#
240  PRINT "GREGORIAN JD=" JD#
```

本書ではすべてのケースについていちいち完全なプログラムを示すことはないであろう。現在市販のパソコンはそれぞれ固有のプログラム文法があって統一性がない。プログラミングは本書の読者自身にまかされている。とはいっても，数例を示すことは初学の読者にとっては多少の役に立つであろうから，巻末にいくつかの完結したプログラムのチャートを掲示しておく。ちなみに，筆者のパソコンはFujitsu FM 16βである。

## 4. 恒星時を求める

地球の自転スピードがおそくなり，毎日がだんだん長くなっている話は今では常識である。地球自転スピードを永久不変と仮定して，これに時計を合わせていた従来の科学的根拠は怪しくなってきた。地球自転に代わる時計としては，地球の公転周期を使おうという暦表時（Ephemeris Time，略してET）や原子の振動周期を使おうとする原子時（Atomic Time，AT）がある。

ところで，古天文学では太古の天文現象（日食・月食・星食）の古記録と，できるだけ合うように計算式中の常数係数を多少手直しして作った実験式を使っており，ここでは従来の1日の概念はまだ生きている。つまり，平均太陽が南中するごとに日が変わるのである。暦表時ではそうはならない。

恒星時とは地球の自転そのものであるから，地球の自転が年とともにおそくなるなら，恒星時の進みも平均太陽のそれに比例して進まず，経験上時間の2乗ベキ項を設けて観測と合わせることになる。

以下では，西暦$Y$年$M$月$D$日に，東経$LON°$における地方平均時$H$時に対応する地方恒星時（Local Sidereal Time，略して$LST$）を求める式を示そう。

まず，元期を1900 I 0.5 UTとする。この時のグリニッチ地方恒星時（Greenwich $ST$，略して$GST$）は，観測から

$GST = 18.^h6461$

とわかっている。上で，1900 I 0.5 UT とは1899 XII 31，$12^h$ UT であるとは前述してある。この時点のユリウス通日 $JD_0$ は

$JD_0 = 2415020.^d0$

である。

いま

$B = JD - JD_0$

$R = 366.^d2422/365.^d2422$

とおくと，問題の土地で $Y$，$M$，$D$，$H$ に対応する地方恒星時 $LST$ は

$LST = 18.^h6461 + 24^h B \cdot R + 3.24 \cdot 10^{-14} B^2 + LON/15$

で与えられる。単位は時(h) 表示である。

ここで得られる $LST$ は驚くほどの大数であるから，$24^h$ の整数倍を $LST$ に加減して，結果が$0^h$～$24^h$ の範囲に納まるように調整してやる必要がある。そのためには

$LST = 24^h(LST/24 - [LST/24])$

を求めればよい。

もし $LST < 0$ なら，さらに

$LST = LST + 24^h$

を計算する。上式で［　　］は前述したとおり整数化の記号である。

**●演習8.**　『漢書』「天文志」によれば，高后７年正月己丑朔（－180，III 4）の日に，漢都長安で皆既日食があったとある。長安は東経108°.9にあり，皆既時刻は後出**第XIV章**の計算から　14：42 *LMT* である。この時の *LST* を求めてみよう。

問題の時点のユリウス通日 $JD$ は

$JD = 1655375.^d810$

ゆえに　$B = -759644.^d190$

また　$R = 1.0027379$

$GST = 18.^h0202$，$LST = 1.^h2802$

すなわち，この時の長安地方恒星時は$LST=1$：17であった。

# Ⅲ 太　陽

天体の位置計算の始めは太陽である。太陽の計算は比較的容易であり，他の計算の基本にもなるので，充分な理解と演習を積まねばならない。

## 1.　太陽の位置計算

まず，A. D. 1900 Ⅰ 1，グリニッチ正午を「元期」(epoch) と呼ぶ。この日付は1900 Ⅰ 1.5 UT とも書くことができる。そのユリウス通日は前章演習 4 でもやったごとくに

$JD = 2415021.^{d}0$ ……………………………………………………(1)

で，ここではそれに従ってある。ついでにいうと，月の運動式の元期は後段**第Ⅸ章**で述べるように A. D. 1800 Ⅰ 0.5 UT を採用している。

で，ここではそれに従ってある。ついでにいうと，月の運動式の元期は後段第Ⅸ章で述べるように A. D. 1800 Ⅰ 0.5 UT を採用している。

元期における太陽の天球上の位置（黄経）は観測から正確に与えられている。また，太陽の黄緯はつねにゼロである。問題は元期をさかのぼる別の *JD* における太陽の黄経を求めることにある。

両方の *JD* 間の日数差をユリウス暦100年分の日数36525日で割り算した数を今後 *C*（century の意味）とおけば，

$C = (JD - 2415021)/36525$ ……………………………………………(2)

となる。古天文学では A. D. 1900以前の暦日を取り扱うのが主な目標であるから，*C* の値はたいていマイナス値である。たとえば，元期から365250日遡った時点では，$C = -10$ である。

さて，$0.^{d}001$ をユリウス暦100年の単位で表わせば

$0.^{d}001/36525^{d} = 2.7 * 10^{-8}$

ほどになる。だから，この程度の計算精度を保存するためには，$C$の小数値は少くとも8ケタまで出しておく必要がある。一方，$C$の整数値はせいぜい1ケタないし2ケタであるから，結局$C$の値の有効数字は10ケタ求めておくことが必要かつ充分といえる。

さて，太陽の軌道要素は下式で与えられる。

太陽の平均黄経（Solar Mean Longitude）$SML=280^\circ.6824$
$+36000^\circ.769325\,C+7^\circ.22222\cdot10^{-4}\cdot C^2$ ……(3)

近日点黄経（Solar Longitude of Perihelion）$SPL=281^\circ.2206$
$+1^\circ.717697\,C+4^\circ.83333\cdot10^{-4}\,C^2+2^\circ.77777\cdot10^{-6}\,C^3$ ……(4)

軌道離心率（Solar Eccentricity）
$SEC=0.0167498-4.258\cdot10^{-5}\,C-1.37\cdot10^{-7}\,C^2$ ……(5)

軌道半長径（Solar Semi-major Axis）
$SAX=1.00000129$ A. U. ……(6)

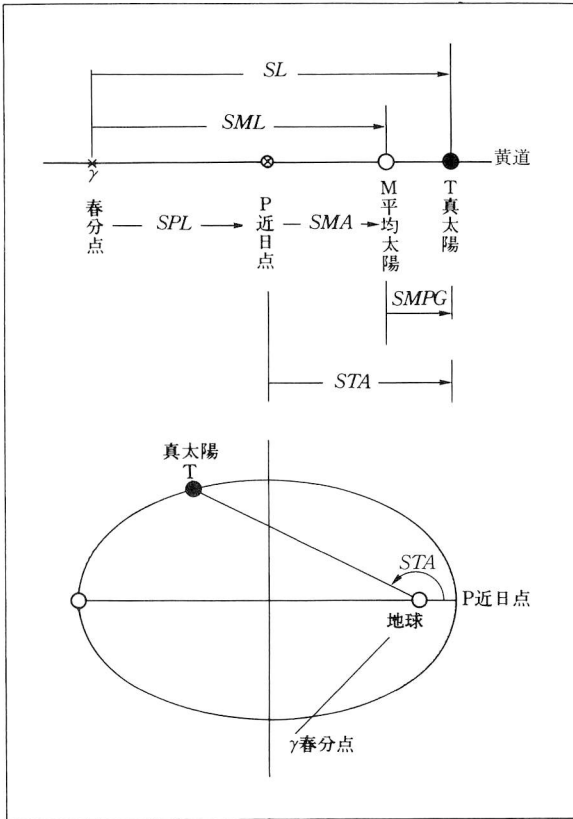
図Ⅲ-1に示すように，$SML$は平均太陽（図では○で示す）と春分点$\gamma$との黄経差である。$SPL$は近日点Pと春分点$\gamma$との黄経差である。また，

$SMA=SML-SPL$ ……(7)

と定義すれば，$SMA$は平均太陽（○）と近日点Pとの黄経差である。$SMA$は「平均近点角」(Solar Mean Anomaly）と呼ばれている。

ところで，真太陽（図では●で示す）はケプラー運動をするから軌道上速度は一定ではなく，1公転の間に平均太陽（○）よりあるいは先立ち，あるいは遅れることになる。両者の黄経差を「太陽の中心差」と定義して$SMPG$ (Sonnenmittelpunktsgleichung，あるいはEquation of Center）と書く。この量は$SMA$と$C$との関数である。それは下式で与えられる。

$SMPG=1^\circ.91946\sin(SMA)+2^\circ.00939\cdot10^{-2}\sin(2\cdot SMA)$
$-4^\circ.78889\cdot10^{-3}\sin(SMA)*C-1^\circ.44444\cdot10^{-5}\sin(SMA)*C^2+\cdots$(8)

したがって，真太陽（●）の黄経$SL$（Solar Longitude）は

**図Ⅲ-1　太陽の地心座標（上の図は天球を外から見た図である）。**

$$SL = SML + SMPG \quad \cdots\cdots (9)$$

で与えられる。

真太陽（●）と近日点Pとの黄経差は「真近点角」(Solar True Anomaly）といわれ，これを $STA$ で表わせば，それは

$$STA = SL - SPL = SMA + SMPG \quad \cdots\cdots (10)$$

から求められる。　地球と太陽との距離は「動径」(Solar Radius Vector）と呼ばれている。これと $SRR$ で表わせば，それは

$$SRR = SAX \frac{1 - SEC^2}{1 + SEC \cos(STA)} \quad \cdots\cdots (11)$$

から求められる。単位は天文単位（AU）である。

また，太陽の「視半径」(Solar Semi-diameter) $SS$ は下式

$$SS=0^\circ.2667/SRR \quad \cdots\cdots (12)$$

から計算される。単位は度(°) である。

古天文学で最終的に必要な量は上記のうち $SL$ と $SS$ である。そして，ともに0°.01のケタまで求めれば充分である。上に掲げた諸式では必要以上にたくさんのケタ数を示してある。それは引用した原典の数値を再現したためである。パソコンの場合は最初または途中でケタ数をカットするよりも，最終値まで出したうえでカットをおこなう方が好ましい。

なお，上記数式のうちで，$SML$，$SPL$ を求める計算では，ここでも大数が出現するから，これらの値が0°～360° の範囲に納まるような手当てをする必要がある。一般に $Z$ をある大数とすると

$$Z=360^\circ\ (Z/360-[Z/360]) \quad \cdots\cdots (13)$$

なる方式を使って，これを処理すればよい。

以下の演習でも，黄経値が大数になったら，その都度，上式を利用して0°～360° 以内に納める手続きをしている。では演習にはいろう。

**●演習1.**　古代中国の魯の国の史書『春秋』によれば，「桓公5年秋7月壬辰朔（−708，Ⅶ17)，日蝕，既」と記されている。

魯の首都曲阜は北緯35°.8，東経117°.0にあり，天文検算によれば，この日の15：45ごろ曲阜で皆既日食が見られた。食の計算は後段**第XIV章**で述べるが，ここではとりあえず，太陽についての量を求めておこう。

$Y=-708$，$M=7$，$D=17$，$H=15^h.75$，$LON=117^\circ.0$. だから，$JD=1462658.^d831$，$C=-26.07425513$，$SML=107^\circ.929$，$SPL=236^\circ.712$，$SMA=SML-SPL=-128^\circ.783=231^\circ.217$，$SMPG=-1.566$，$SL=SML+SMPG=106^\circ.363$，$SRR=1.01132$ AU，$SS=0^\circ.264$.

以下には，$JD$ を求めたあとの太陽黄経 $SL$ と $SS$ 値を得るまでのプログラムの1例を示しておく。ただし，下で P=3.14159/360とする。

```
740  PRINT "JD#=" JD#
750  C#=(JD#-2415021#)/36525#
```

```
760 SML#=280.6824#+36000.769325#*C#+7.22222E-04*C#*C#
770         SML#=360*(SML#/360-INT(SML#/360))
780 SML=SML#:PRINT "SML=" SML
790 SEC#=.0167498#-4.258E-05*C#-1.37E-07*C#*C#
800 SPL#=281.2206#+1.717697#*C#+4.83333E-04*C#*C#+
    2.77777E-06*C#*C#*C#
810         SPL#=360*(SPL#/360-INT(SPL#/360))
820 SMA#=SML#-SPL#:SMA#=SMA#*P#
830 SMPG#=1.91946#*SIN(SMA#)+2.00939E-02*SIN(2*SMA#)
    -4.78889E-03*SIN(SMA#)*C#-1.44444E-05*SIN(SMA#)
    *C#*C#
840 SL#=SML#+SMPG#:SL=SL#:COLOR 6:PRINT "SL=" SL
    :COLOR 7
850 STA#=SL#-SPL#:PRINT "STA#=" STA#
860         IF STA#<0  THEN  STA#=STA#+360
870 SAX#=1.00000129#
880 SRR#=SAX#*(1-SEC#*SEC#)/(1+SEC#*COS(STA#*P#)) :
    SRR=SRR#:PRINT "SRR=" SRR
890 SS=0.2666/SRR
```

## 2. 均時差

ある土地で見る太陽の南中から翌日の南中までの時間間隔を「真太陽日」という。真太陽日の長さは年間を通じて一定ではない。その原因は２つあって，

(1) 第一の原因は太陽の黄道上運動に遅速があるためで，これは前項に述べた太陽の中心差 *SMPG* のことである。

(2) 第二の原因は太陽の黄道上運動を赤道上に投影するときの成分に伸縮があることである。

前者は１年周期で変動し，後者は半年周期で変動する。両者が合わさってやや複雑な変動になる。

いま，赤道上を等速運動する仮想的な太陽を考える。この仮想太陽の南中から翌日の南中までの時間間隔はもちろん一定であり，これを１「平均太陽日」（Mean Solar Day）と呼ぶ。これはわれわれが日常使っている１日（24時間）のことである。平均太陽日を等分割して割りあてた時刻が「平均（太陽）時」（Mean（Solar）Time，略してMT）である。前に真太陽日の長さは伸縮するといったが，その量は１年を通じて$24^h \pm 30^s$以内であるから，その伸縮の程度は毎日実感できるほどの差違ではない。しかし，このわずかな「伸びまたは縮み」が連日一方的に積算されると，やがて目立ってくるようになる。真太陽と仮想太陽とは，黄道上で最大$\pm 4^\circ$ほど前後に離れることがあり，南中時刻にして最大$\pm 16^m$ほどの差を生ずる。

真太陽の南中が仮想太陽の南中から隔たる時間差のことを「均時差」（Zeitgleichung, Equation of Time）といい，ここでは$ZG$と略記しよう。ここで念のために再記すると，「中心差」は黄道上を等速運動する平均太陽と真太陽との黄経差のことであり，ここでいう「均時差」とは赤道上を等速運動する仮想太陽と真太陽との赤経差を時間単位で表わしたものである。

均時差$ZG$を計算する数式は次のとおり。

$$ZG = \tan^2(OBL/2)\sin(2SML) - 2SEC\sin(SMA) + 4SEC\tan^2(OBL/2)\sin(SMA)\cos(2SML) - \frac{1}{2}\tan^4(OBL/2)\sin(4SML) - \frac{5}{4}SEC^2\sin(2SMA) + \cdots \quad (14)$$

これはラジアン表示なので，$180^\circ/\pi$を乗じて度($^\circ$) 表示になおし，さらに４を乗じて分($^m$) 表示に換算するのが通例である。

なお，上式中に初出する$OBL$とは黄道傾斜角（Obliquity の略）で，その値は

$$OBL = 23^\circ.452 - 0^\circ.013012\,C \quad (15)$$

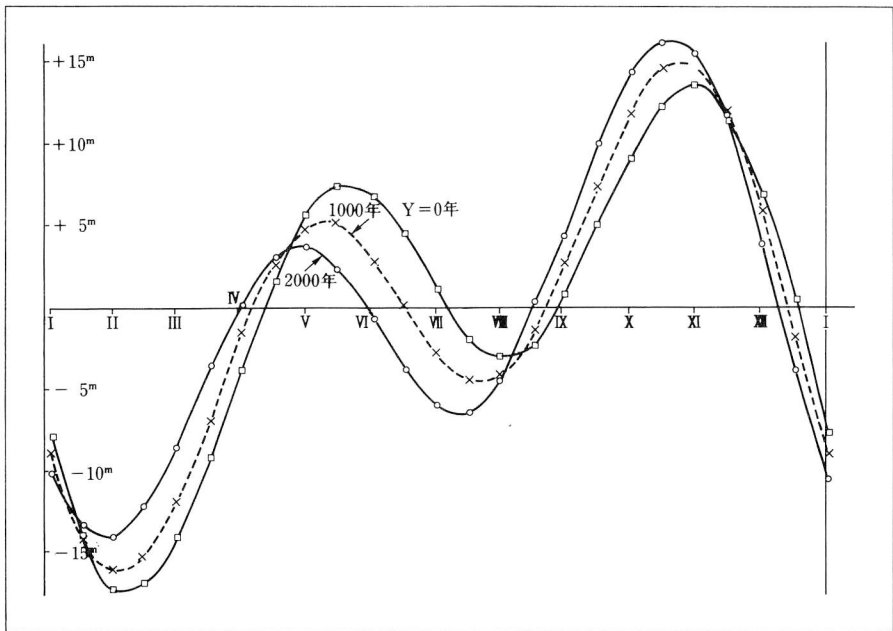
によって計算される。$C$はマイナス値であるから，古代ほど黄道傾斜は大きかった。その他の関数$SML$，$SMA$，$SEC$はすでに数式が与えられてある。かくて，真太陽時と平均太陽時との間は

$$真太陽時 = 平均太陽時 + ZG \quad (16)$$

なる等式によって結ばれる。

均時差$ZG$を計算した結果を図Ⅲ-２に示す。均時差は一見年代と関係ない

曲線と思えるが，*SML*，*SMA*，*SEC*，*OBL* がすべて *C* の関数であるから，長い目でみれば年代とともに変動する。図は $Y=0^y$，$1000^y$，$2000^y$ に対応する *ZG* 曲線である。横軸は毎年の月名である。例えば $Y=0^y$ でⅦ 0 の日の *ZG* は図から $+1^m.2$と読みとれよう。*Y* に端数のある場合には 2 つの曲線の間に按分した曲線を想定してその上で読みとればよい。なお，この曲線の横軸値はユリウス暦の年月日である。グレゴリオ暦の場合はユリウス暦に換算して読みとりをおこなう必要がある。その換算表は**第Ⅰ章 6** を見よ。

古代の時刻の認識は大まかであったから，真太陽時と平均太陽時とを区別するほどの厳密さを要する場合は少ないであろう。古代にあっては，真太陽の南中をもって正午としていたのだから，当然真太陽時を使っていたはずである。だから，古天文学計算も真太陽時に換算して表示すべきだとの主張がある。しかし，真太陽時は上述のとおり，1 年を通じて$\pm15^m$ほどふらふら狂う時計みたいなものである。せっかく正確に計算した平均時を狂った時計に換算するの

**図Ⅲ-2　均時差＝真太陽時－平均太陽時（斉藤国治『国史・国文に現れる星の記録の検証』より）。**

は心情的に残念である。だから，筆者は本書の中ではすべて平均時表示のままにしてある。ぜひとも真太陽時で表わさなければならぬ場合には *ZG* を求め，この補正を加えて真太陽時にすればよい。

古代中国では，１日を100等分した時間を「１刻」と称した。この意味の１刻は$14.^{\mathrm{m}}4$に当たる。だから，均時差の極大値は古代時制でいえばプラス・マイナス１刻ほどということになる。

# Ⅳ 金　　星

**第Ⅳ章**以降は金星を始めとして5惑星の位置計算にはいる。地球は黄道面内で楕円軌道を描いて太陽を周回し，惑星は黄道面とある角度（後出の*INC*, inclinationの略）をなす固有の軌道面内を楕円軌道を描いて太陽を周回している。問題は互いに運動している地球から惑星を見たとき，天球に投影した惑星の黄経（*LAM*, lambdaの略）と黄緯（*BET*, betaの略）を求めることである。したがって，太陽の位置計算よりは複雑になる。

## 1.　金星の位置計算

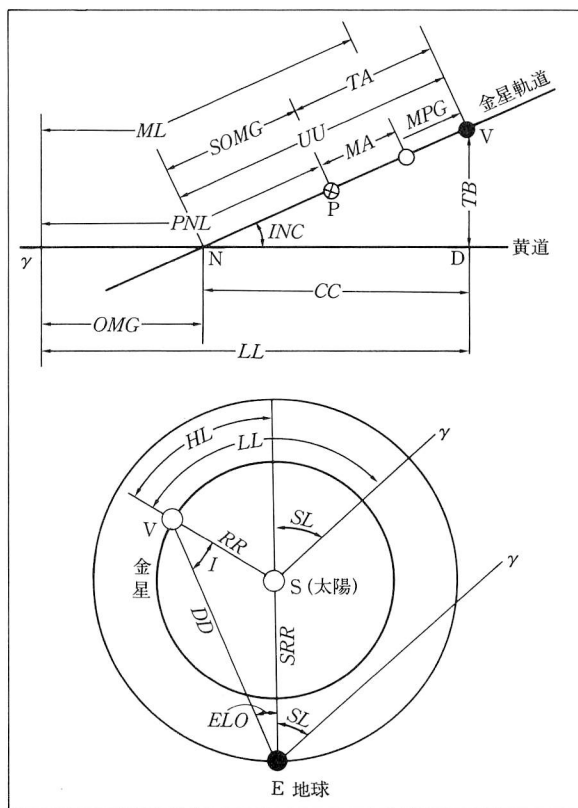
そのためには，つぎのような手続きをとる。

(1)　まず任意の時点*JD*における金星の日心黄経（Heliocentric Longitude, *LL*と略称する）と日心黄緯（Heliocentric Latitude, *TB*と略称する）とを求める。

(2)　ついで，地球から見た太陽の黄経*SL*を求める。これはすでに前章で説明ずみである。ちなみに，太陽の黄緯はつねにゼロである。

(3)　そこで(1)と(2)とをベクトル的に加算すると，地心から見た金星の*LAM*, *BET*が得られる。つまり，計算は3段階に分けておこなう。

図Ⅳ-1の上半は，太陽中心から見た天球上黄道（$\gamma$NDがその一部）と金星の軌道（NPVがその一部，ともに大円である)。両大円の交点Nは金星軌道の昇交点である。$\gamma$は春分点，Pは金星軌道楕円上の近日点（Perihelion)，○は金星の平均位置，●は同じく真位置とする。図Ⅳ-1の下半は黄道面を北から見おろした図であり，Sは太陽，Eは地球，Vは金星（Venus）を表わす。EもVも，Sを中心にして反時計まわりに周回している。以下にはたくさんの変数・関数が現われるが図Ⅳ-1と対照しながら理解してもらいたい。

**STEP No.1**：金星の日心軌道要素はTuckerman（1964）の採用値を使う。

図Ⅳ-1　金星の日心黄経座標の説明図（上の図は天球を外から見た図）。

元期は AD1900 I 1.5 UT＝JD2415021$^{d}$.0.

平 均 黄 経：$ML=344^\circ.36936+58519^\circ.2126C$
$+9^\circ.8055\cdot10^{-4}C^2$ ……………………………… (17)

近日点黄経：$PNL=130^\circ.14057+1^\circ.37230C$
$-1^\circ.6472\cdot10^{-3}C^2$ ……………………………… (18)

昇交点黄経：$OMG=75^\circ.7881+0^\circ91403C$
$+4^\circ.189\cdot10^{-4}C^2$ ……………………………… (19)

軌道傾斜角：$INC=3^\circ.3936+1^\circ.2522\cdot10^{-3}C$

$$-4^\circ.333\cdot10^{-6}C^2 \cdots\cdots (20)$$

軌道離心率：$EC=0.00681636-0.5384\cdot10^{-4}C$

$$+0.126\cdot10^{-6}C^2 \cdots\cdots (21)$$

軌道半長径：$AX=0.72333015\mathrm{AU}$ ……(22)

以上の6量を「軌道の6要素」と呼ぶ。ここで*PNL*は「近日点黄経」(Longitude of Perihelion) と呼ぶ量で，春分点$\gamma$から昇交点Nまでは黄道上を計り，Nから近日点Pまでは軌道大円上を測った合計量のことである。また，*OMG*は「昇交点黄経」(Longitude of Ascending Node) と呼ばれる量で，春分点$\gamma$から昇交点Nまでの角度である。天文学ではこの量をふつうギリシャ文字の$\Omega$を以て示すので，パソコン記号として*OMG*（omegaの略）で示した。*INC*は黄道と金星軌道とのなす交角のことで，Nの周りに反時計回りに計る。**“Ⅲ　太陽”**の記事と比較すると，ここでは*SML*が*ML*にかわり，新たに*PNL*，*OMG*，*INC*の3量が加わった。*SEC*が*EC*に，*SAX*が*AX*に記名が代ったけれどそれらの意味は同じである。金星の平均位置（○印）が近日点Pから隔たる角度は「平均近点角」(Mean Anomaly) といわれて*MA*と書く。それは図から，

$$MA=ML-PNL \cdots\cdots (23)$$

であることが諒解されよう。

金星の日心運動の中心差*MPG*は

$$MPG=(2EC-\frac{1}{4}EC^3)\sin(MA)+\frac{5}{4}EC^2\cdot\sin(2MA)$$

$$+\frac{13}{12}EC^3\sin(3MA)+\cdots\cdots (24)$$

で求められる。

金星の真位置（●）が近日点Pから隔たる角度は「真近点角」(True Anomaly, *TA*と略記) である。図からわかるとおり，

$$TA=MA+MPG=ML-PNL+MPG \cdots\cdots (25)$$

なる幾何学的関係がある。ちなみに，昇交点Nから近日点Pまでの角は「近日点引数」(Argument of Perihelion) と呼ばれる。天体運動論ではこの量をギリシャ文字の$\omega$で示すことになっている。パソコン記号ではこれを*SOMG*

(small omegaの意）としておこう。

さて，図Ⅳ-1の上半をみて，直角球面三角形NVDにおいて，

$$\tan CC = \cos INC \cdot \tan UU \quad \cdots\cdots (26)$$

$$\tan TB = \tan INC \cdot \sin CC \quad \cdots\cdots (27)$$

なる関係がある。ここで

$$UU = TA + PNL - OMG \quad \cdots\cdots (28)$$

であるから，いま $TA$，$PNL$，$OMG$，$INC$ を知れば，上式から金星の日心黄緯 $TB$ を計算することができる。ここで，$CC$ と $UU$ とは同一象限内にあることに留意すべきである。もし，そうでない場合は $CC$ に±180° を加算して，$CC$ が $UU$ と同一象限内にはいるよう操作する。（この点はポケット電卓でも，パソコン計算でも気をつけるべきポイントである。）

ついで

$$LL = CC + OMG \quad \cdots\cdots (29)$$

によって，金星の日心黄経 $LL$ が求められた。

日心黄経 $LL$，日心黄緯 $TB$ は球面座標値である。そこでこれらを日心黄道直交座標に変換する。この場合，X 軸は春分点 $\gamma$ の方向に，Y 軸は春分点から黄道上を+90° すすんだ方向に，$Z$ 軸は黄道の北極の方向にとる。すると，金星の日心直交座標の X, Y, Z 成分は

$$\left.\begin{aligned} XX &= RR(\cos UU \cos OMG - \sin UU \sin OMG \cos INC) \\ YY &= RR(\cos UU \sin OMG + \sin UU \cos OMG \cos INC) \\ ZZ &= RR \sin UU \sin INC \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (30)$$

ここで，$RR$ は金星の動径であり，

$$RR = AX \frac{1 - EC^2}{1 + EC \cos(TA)} \quad \cdots\cdots (31)$$

から計算される。

**STEP No. 2**：地心から見た太陽の真黄経 $SL$ と太陽の動径 $SRR$ は，すでに**第Ⅲ章**に与えられている。これから，太陽の地心黄道直交座標系に変換すると，その成分 $SX$，$SY$，$SZ$ は

$$\left.\begin{aligned} SX &= SRR \cos SL \\ SY &= SRR \sin SL \\ SZ &= 0 \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (32)$$

となる。

**STEP　No. 3**：ここで両系の成分同士を加え合わせれば，金星の地心直交座標成分　$EX$，$EY$，$EZ$ が得られる。すなわち，

$$\left.\begin{aligned} EX&=XX+SX \\ EY&=YY+SY \\ EZ&=ZZ \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (33)$$

ここで，ふたたび黄道球面座標成分に変換したければ

$$\tan LAM=EY/EX \cdots\cdots (34)$$

$$\sin BET=EZ/DD \cdots\cdots (35)$$

から $LAM$，$BET$ が求められる。

ただし，$DD$ は地球と金星との実距離（単位は天文単位 AU）である。その値は

$$DD=\sqrt{EX^2+EY^2+EZ^2} \cdots\cdots (36)$$

で与えられる。

$LAM$ を得るためには上式(34)から ARCTAN 値を計算する必要があり，その象限の決定が問題になる。この場合および以後に出会うであろう類似のケースについては，下のように処理すればよい。

(1)　$EX$，$EY$ がともに正ならば，$LAM$ は第 1 象限の値であるから，$LAM$ は主値のままでよい。

(2)　$EX$ が負で $EY$ が正ならば，$LAM$ は第 2 象限の値であるから，$LAM$ は主値に180° を加算する。この場合の主値はマイナスになっている。

(3)　$EX$，$EY$ がともに負ならば，$LAM$ は第 3 象限の値であるから，$LAM$ は主値に180° を加算する。この場合の主値はプラスである。

(4)　$EX$ が正で，$EY$ が負ならば，$LAM$ は第 4 象限の値であるから，$LAM$ は主値に360° を加算する。この場合の主値はマイナスである。

これをパソコン・プログラムで示すと，

```
IF EX>0 AND EY>0   THEN   LAM=LAM
IF EX<0 AND EY>0   THEN   LAM=LAM+180
IF EX<0 AND EY<0   THEN   LAM=LAM+180     ……(37)
IF EX>0 AND EY<0   THEN   LAM=LAM+360
```

となる。しかし，このプログラムは冗長すぎる。これを要約すると，

```
IF EX<0  THEN  LAM=LAM+180
IF EX>0 AND EY<0  THEN  LAM=LAM+360
```
……(38)

の２行で済ますことができる。

## 2. 金星の太陽離角と光度

地球と金星とはそれぞれ固有の公転周期をもって太陽を周回するが，いま地球と太陽とを固定して考え，これに相対的な金星の運動を考えてみよう。金星は地球軌道内の惑星であるから，このような場合でも金星はその軌道上を反時計回りに回転する。金星が相対軌道上のある位置，例えば外合から次の外合までの日数は584日で，これを「会合周期」という。いま外合からの経過日数（a とおく）を引数として金星の見え方，太陽離角（*ELO*，elongation の略），その時の光度等級（*BR*，brightness の略）を表にまとめてみると次表のようになる。ここで「伏」とは見かけ上太陽に近づきすぎて肉眼ではこれを認められない期間のこと，「初見」とは伏を終えてはじめて肉眼に認められる日のこと，「最大離角」とは太陽から最も離れて見えるときの角度のこと，「最大光輝」とは最も明るく見えるときの光度等級のことである。

金星が白昼見えることは，「太白昼見」といって古来中国でも日本でも重大な天変として注目されて記録がたくさん残っている。上記の表からわかるとおり，外合から257日目または327日目，すなわち内合の前または後の35日目に金

**金星の１会合周期（584$^d$）の間の諸相**

| 外合からの経過日数 a | | 諸　　相 | 太陽離角 *ELO* | 光度 *BR* |
|---|---|---|---|---|
| 0$^d$～34$^d$ | ↑ | 伏，a＝0$^d$ で外合 | 0° | (−3.$^m$5) |
| 35 | 西 | 夕星として初見 | 8 | −3.4 |
| 221 | 天 | 東方最大離角 | 47 | −4.1 |
| 257 | | 東方最大光輝 | 40 | −4.4 |
| 286 | ↓ | 伏 | 8 | (−3.3 ) |
| 287～297 | ↑ | 伏中，a＝292°で内合 | 0 | (−2.7 ) |
| 298 | | 暁星として初見 | −8 | −3.3 |
| 327 | 東 | 西方最大光輝 | −40 | −4.4 |
| 362 | 天 | 西方最大離角 | −47 | −4.1 |
| 549 | | 伏 | −8 | (−3.4 ) |
| 584 | ↓ | 伏中，a＝584$^d$で外合 | 0 | (−3.5 ) |

星は最大光輝（光度$-4.^m4$）になり，また内合の前後71日目に最大離角（47°）になる。このへんに金星があるとき昼見することが多い。いま，太陽の東側にあるときの離角をプラス，西側にあるときをマイナスとすると，一般に下の式が成り立つ。

$$\cos ELO = \cos(LAM - SL)\cos BET \quad \cdots\cdots(39)$$

または，この式を簡略化して

$$ELO = LAM - SL \quad \cdots\cdots(40)$$

としてもよい。右辺を計算すれば金星の離角 $ELO$ が求められる。その極大値は±47°であるが，この値は金星・地球のそれぞれの相対位置によっていくらか変化するから，前記の表の値は標準的な値である。詳しい値はそれぞれの場合について，天文計算をして決めなければならない。

ある時の金星の光度は地球・太陽間距離 $SRR$，金星・太陽間距離 $RR$，および地球・金星間距離 $DD$ の関数である。いま

$$HL = LL - SL \quad \cdots\cdots(41)$$

なる量を考えると，図から分かるように，これは外合点と金星位置との日心黄経差である。また，金星から見て太陽と地球を挟む角∠SVE を $I$ とおくと，$I$ は「位相角」(Phase Angle) と呼ばれる量である。平面幾何学から下の式が成立つ。

$$DD^2 = RR^2 + SRR^2 + 2RR \cdot SRR \cos HL \quad \cdots\cdots(42)$$

$$\cos I = (RR^2 + DD^2 - SRR^2)/(2RR \cdot DD) \quad \cdots\cdots(43)$$

こうすると，地球から見た金星の光度等級 $BR$ は下の式で与えられる。

$$BR = -4 + 5\log_{10} RR \cdot DD + 0.01322\,I + 0.0000004247\,I^2 \quad \cdots\cdots(44)$$

これは Müller の実験式といわれる。$I$ の単位は度(°)，$RR$，$DD$ の単位は天文単位（AU)，$BR$ の単位は光度等級($^m$）である。なお p.47の追記を見よ。

**●演習1.**　『続日本紀』巻2に，大宝2年12月戊戌（6日，A. D.702 XII 28)，星昼見す。

という記事がある。この「星」は検証の結果，金星（むかしは太白といっ

た）であり，これを飛鳥京で望見すると，太陽の東37°ほどにあり，光度は－4.ᵐ4の東方最大光輝の情況にあった。白昼に南東の方，多武峰の上空に輝いて見えたのであろう。これはわが国の史書中で，星昼見記事の最古の記録である。計算の経過を下に示そう。

観測地は飛鳥京とすれば，$LON=135°.8$，時刻は当日の正午とする。

$JD=1977824.^{d}62277\cdots\cdots$

$C=-11.969784455$

$SML=279°.337$，$SMPG=0°.642408$

$SL=279°.979$

$STA=19°.2546$，$SRR=0.983694$

$SX=0.170466$，$SY=-0.968811$，$SZ=0$，

$ML=82°.1485$，$PNL=113°.478$，$MA=328°.670$，$OMG=64°.9073$，

$MPG=-0°.449199$，

$TA=328°.2209$，$UU=376°.79197$，

$CC=16°.7644$，$LL=81°.6718$，

$TB=0°.975374$，$RR=0.71872$

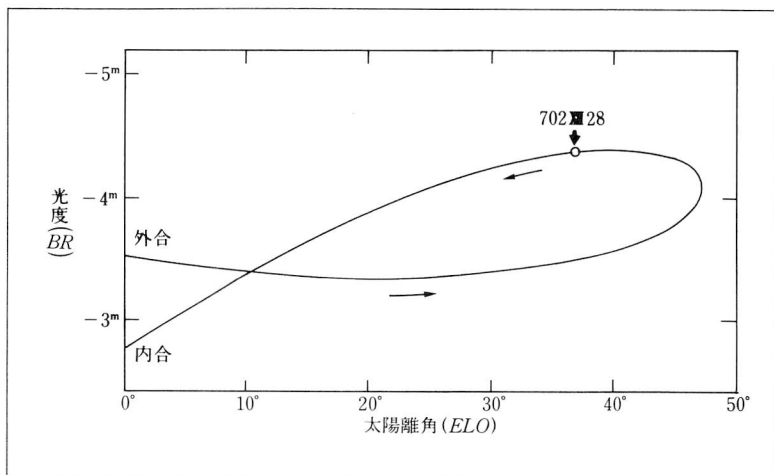
$XX=0.104087$，$YY=0.711038$，$ZZ=0.012234$

$DD=0.376797$，$LAM=316°.805$，$BET=1°.86071$，$ELO=36°.8262$，

$HL=161°.693$，　$I=124°.853$，$BR=-4.^{m}36102$

結論として，この時の太陽黄経は$SL=279°.98$，金星の黄経は$LAM=316°.80$，同黄緯は$BET=1°.86$，そして太隔離角は東へ$ELO=+36°.8$，光度は$BR=-4.^{m}36$であった。

図Ⅳ-2において，横軸に太陽離角（$ELO$）をとり，縦軸に光度（$BR$）をとると，問題の日付の正午の金星はこの図上の○印のところにある。金星が軌道上の他のところにある場合について，上と同様な計算をいろいろやって図にプロットし，これを連結すると図に示すようなループ状の曲線を得る。

この曲線は太陽離角$ELO$のプラス・マイナスに関係なく対称型であるから，図Ⅳ-2では片がわだけを示してある。また，この曲線は平均的な値であり，詳しくは個々について計算をする必要がある。この図から金星

**図Ⅳ-2　金星の太陽離角（ELO）と光度（BR）との関係。「大宝2年12月6日（A.D. 702 XII 28），星昼見」（續日本紀2）の時には図の○印のところにあった。**

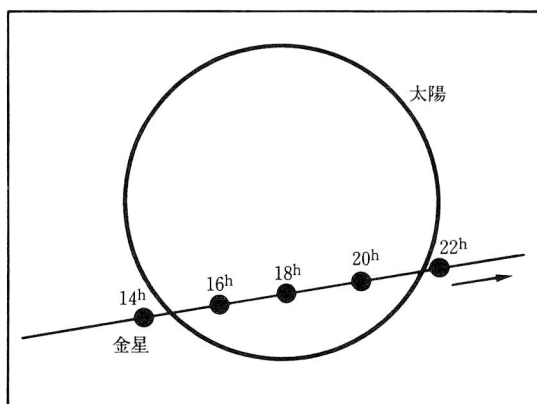
の最大離角は $ELO_{max}$＝47°，最大光輝な $BR_{max}$＝−4.m4であることもわかる。そして，金星が昼見するのはこの曲線の右側から右上側にかけての部分に存在する時に多発する。また，太陽離角が8°以内のときは「伏」であって肉眼では見ることができない。

**●演習2.**　［金星の太陽面経過］金星の太陽面経過を世界で初めて観測したのはイギリスのホロックスであった。立派な記録ノートを残したという。これを計算で追試してみよう。

観測地はイギリス・リバプール附近であるから，*LON*＝−2°.9，期日はグレゴリオ暦で A. D.1639 XII 4，15：25リバプール平均時とする。

*JD*＝2320030.d150416

*SL*＝252°.422，*SRR*＝0.984592，*SS*＝0°.2707，*SX*＝−0.297351，*SY*＝−0.938618，*SZ*＝0，*ML*＝73°.0078，*LL*＝72°.3651

*EX*＝−0.0791163，*EY*＝−0.252108，*EZ*＝−0.0007811，*DD*＝0.264232，*LAM*＝252°.577，*BET*＝−0°.169375，*ELO*＝0°.155212，*I*＝179°.787

**図Ⅳ-3　AD 1639 XII 4，イギリスのリバプールにて，J. ホロックスがはじめて観測した金星の太陽面経路を計算で再現した図。**

結果は，太陽黄経 $SL=252^\circ.42$，金星黄経 $LAM=252^\circ.58$，同黄緯 $BET=-0^\circ.17$，太陽視半径 $SS=0^\circ.27$，金星視半径は簡単な計算から $0^\circ.0091$ となる。この時刻に金星は確かに太陽面内に入っている。

いま同様の計算を当日 $14^h$，$16^h$，$18^h$，$20^h$，$22^h$ *LMT* について実行し，太陽を固定して金星の相対位置を描いたのが，図Ⅳ-3である。当日の日入は15：43 *LMT* であったから，リバプールでは全部の経過を観測することはできなかった。事実，ホロックスは15：15から観測を始めて，日没までの $30^m$ 足らずの間に3回だけスケッチをしたという記録を残している。

**●演習3.**　［ケプラーの誤算］ホロックスが金星の太陽面経過を観測した時より8年前の1631 XII 6に，同じく金星の太陽面経過があるはずだと予報したのはケプラーである。

そこで，パリ天文台のガッサンディ台長は張り切ってその日を待った。XII 6は2日前から暴風雨の余波が残っていて，当日は雲が多くて心配な空模様であった。ケプラーの予報によれば，第1接触（金星が太陽の東のへりに外接する）はXII 6午後おそくおこることになっていた。当日の夕方雲のあいだから太陽はしばしば見えたけれども，金星らしきものは認め

られないままに日没となってしまった。ガッサンディは雲の往来のなかにあって金星を見のがしたのかとあきらめたけれど，これはケプラーの推算が不正確だったためである。真相は金星が太陽と内合となるのは翌XII 7，$6^h$ *LMT* であり，しかもこの時に金星は太陽の北側の縁ギリギリのところをかすめて通過していたのであった。すなわち

A.D. 1631 XII 7，$6^h$　　パリにて

| | 黄　経 | 黄　緯 |
|---|---|---|
| 太陽 | 255°.00 | 0°.00 |
| 金星 | 255.00 | 0.27 |

太陽視半径 $SS=0°.27$

ケプラーはこの時の予報の不首尾に落胆したのか，８年後の1639 XII 4の金星太陽面経過については予報を発表していない。だから，この時の経過はホロックスが独力で推算をおこない，その日を待機して，そして観測に成功したのであった。

**追記**：『理科年表』の天文部によると，金星の極大光度は，1985年度版から，$-4^m.7$と改訂されている。本章では改訂前の値$-4^m.4$を使っている点をおことわりしておく。

# V 水　　星

## 1. 水星の位置計算

水星の位置計算は，下のような水星の軌道要素を用いておこなう。

元期 Epoch＝AD 1900 I 1.5 $UT$＝JD2415021.ᵈ0

として

平 均 黄 経：$ML = 182^\circ.27175 + 149474^\circ.07244\,C + 2^\circ.01944 \cdot 10^{-3}\,C^2$ ……(45)

近日点黄経：$PNL = 75^\circ.89717 + 1^\circ.553469\,C + 3^\circ.08639 \cdot 10^{-4}\,C^2$ ……(46)

昇交点黄経：$OMG = 47^\circ.144736 + 1^\circ.18476\,C + 2^\circ.23194 \cdot 10^{-4}\,C^2$ ……(47)

軌道傾斜角：$INC = 7^\circ.003014 + 1^\circ.73833 \cdot 10^{-3}\,C - 1^\circ.55555 \cdot 10^{-5}\,C^2$ ……(48)

軌道離心率：$EC = 0.20561494 + 0.0203 \cdot 10^{-3}\,C - 0.04 \cdot 10^{-6}\,C^2$ ……(49)

軌道半長径：$AX = 0.3870984$ ……(50)

他は“**IV　金星**”に準じておこなえばよい。

## 2. 水星の光度

水星の光度の計算は下のような Müller の実験式が使われる。

$BR = +1.16 + 5\log_{10} RR \cdot DD + 0.02838 \times \mathrm{ABS}(I-50) + 0.0001023(I-50)^2$ ……(51)

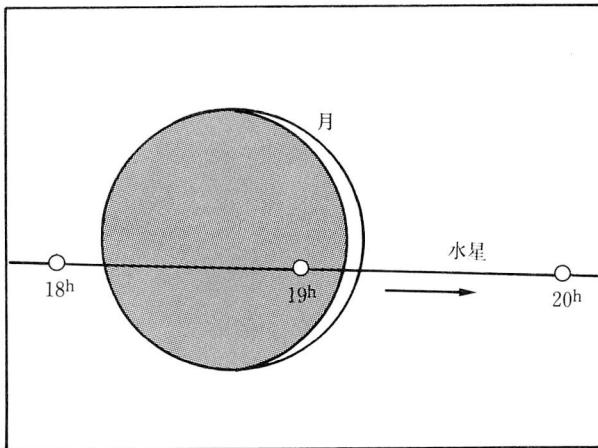
ここで ABS（　　）とあるのはパソコン用記号であって，カッコ内の数値の絶対値をとれとの意味である。その他の説明は“**IV　金星**”に譲る。

水星の会合周期は116日である。その間の諸相，太陽離角（*ELO*），光度（*BR*）の標準値を下表に一括して示す。

**水星の1会合周期（116日）の間の諸相**

| 外合からの経過日数 a | | 諸　　相 | 太陽離角 *ELO* | 光度 *BR* |
|---|---|---|---|---|
| $0^d$～$11^d$ | ↑ | 伏，a＝$0^d$ で外合 | 0° | （1.m9） |
| 12 | 西 | 夕星として初見 | 8 | 0.7 |
| 36 | | 東方最大離角 | 22 | −0.3 |
| 53 | 天 | 伏 | 9 | （1.7） |
| 54 ～62 | ↓ ↑ | 伏中，a＝$58^d$に内合 | 0 | （3.2） |
| 63 | 東 | 暁星として初見 | −9 | 1.7 |
| 80 | | 西方最大離角 | −22 | −0.3 |
| 104 | 天 | 伏 | −8 | （0.7） |
| 116 | ↓ | 伏中，a＝116°で外合 | 0 | （1.9） |

**●演習1.**　『漢書』「天文志」によれば，「漢宣帝の本始4月7月甲寅（3日，−69 Ⅷ 4），辰星翼にあり，月これを犯す。」

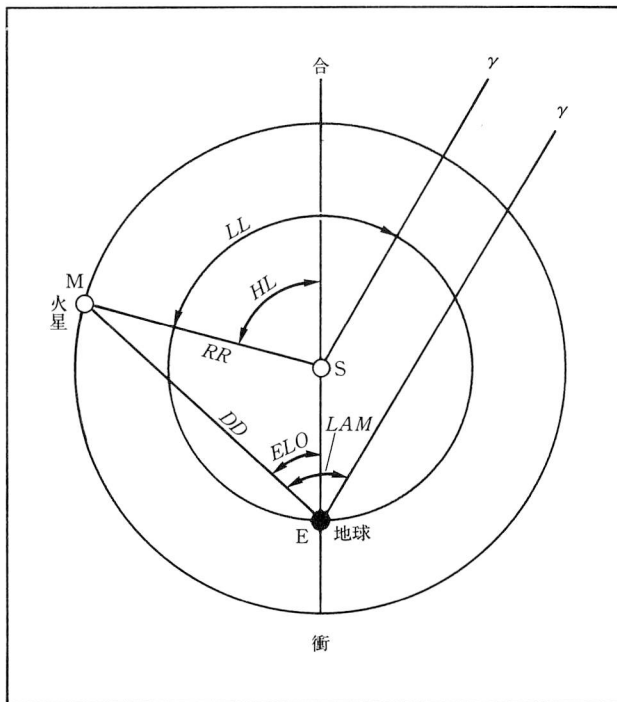
とある。ここで辰星とは水星のこと，翼とは28星宿のひとつで，コップ座（Crater）にあたる。漢都の長安（*LON*＝108°.9）で当日の夕方に月と水星とが大接近したという。後述のごとく，これは水星の掩食であったと判明するが，月の位置計算がまだ説明していないのでここではとりあえず，

図V-1　漢宣帝・本始4年7月甲寅（-69 VⅢ 4）の夕方，長安で見えた水星の食。

当日18：30 $LMT$ における水星の位置と光度との計算演習をしておこう。

$JD = 1696070^d.968333$, $ML = 248°.4309$, $PNL = 45°.4386$, $MPG = -7°.46834$, $TA = 195°.52398$, $LL = 240°.759$, $TB = -4°.18875$, $XX = -0.22516$, $YY = -0.420026$, $ZZ = -0.033758$, $SX = -0.621006$, $SY = 0.794518$, $SZ = 0$, $SL = 128°.012$, $LAM = 155°.126$, $BET = -2°.0729$, $RR = 0.462179$, $DD = 0.932787$, $BR = 0^m.4714$, $ELO = +27°.1144$

月による掩食の模様は後段**第XIII章演習4.**にのべるとして，この日の夕方に，水星は光度$0.^m5$ほどで，太陽の東27°の距離にあった。図V-1はこのときの食の経過を描いたものである。

# Ⅵ 火　　星

火星・木星・土星は地球軌道の外を周回する惑星で，ふつうこれらを「外惑星」という。地球・太陽を固定して考えると，外惑星は時計回りに太陽をまわるように見える。水・金の内惑星とちがって，太陽離角に制限がない。太陽と重なってみえる時すなわち $ELO=HL=0°$ のときを「合」(conjunction) といい，太陽の正反対にあるとき，すなわち $ELO=HL=180°$ のときを「衝」(opposition)

図Ⅵ-1　火星の日心黄道座標の説明図。

という。図Ⅵ-1を見られたい。

## 1. 火星の位置計算

火星の位置計算は“**Ⅳ　金星**”に準じておこなえばよい。ただし，軌道要素を火星用に取りかえれば足りる。すなわち，

元期：Epoch＝AD 1900 Ⅰ 1.5 UT＝JD $2415021^{d}.0$

において，

平均黄経：$ML=294^{\circ}.26478+19141^{\circ}.69625\,C$
$+3^{\circ}.15028\cdot10^{-4}\,C^{2}$ ……(52)

近日点黄経：$PNL=334^{\circ}.21833+1^{\circ}.840394\,C$
$+3^{\circ}.35917\cdot10^{-4}\,C^{2}$ ……(53)

昇交点黄経：$OMG=48^{\circ}.78670+0^{\circ}.776944\,C$
$-6^{\circ}.02778.10^{-4}\,C^{2}$ ……(54)

軌道傾斜角：$INC=1^{\circ}.85030-6^{\circ}.49028\cdot10^{-4}\,C$
$+2^{\circ}.625\cdot10^{-5}\,C^{2}$ ……(55)

軌道離心率：$EC=0.0933088+0.095284\cdot10^{-3}\,C$
$-0^{\circ}.122\cdot10^{-6}\,C^{2}$ ……(56)

軌道半長径：$AX=1.5236781$ ……(57)

なお，太陽・水星・金星・火星の位置計算は，0°.01までの精度で満足すれば，特に摂動項を考慮する必要はないであろう。古天文学が取りあつかう問題はこの程度で充分なことがほとんどである。（もっとも，火星が衝になる前後の火星黄経値は摂動計算をしないと0°.01以上の誤差を生ずることがあるとの指摘があり，とくに精密でありたいと願う場合は**第Ⅰ章5.**に紹介した Houlden-Stephenson（1986）の表値を参考にするとよい。）

## 2. 火星の光度

火星の光度は下に示す Müller の実験式をつかって計算される。

$BR=-1.^{m}30+5^{m}\log_{10}(RR\cdot DD)$
$+0^{m}.01486\cdot ABS(I)$ ……(58)

外惑星の太陽離角 *ELO*＝＋90° のときを「上矩」と呼び，*ELO*＝－90° のときを「下矩」とよぶことがある。上矩の時に火星は夜半に入り，下矩の時には夜半に出る。その他は内惑星と変わりはない。火星の１会合周期は780日で，この間における諸相は下のごとくである。

**火星の１会合周期（780日）の間の諸相**

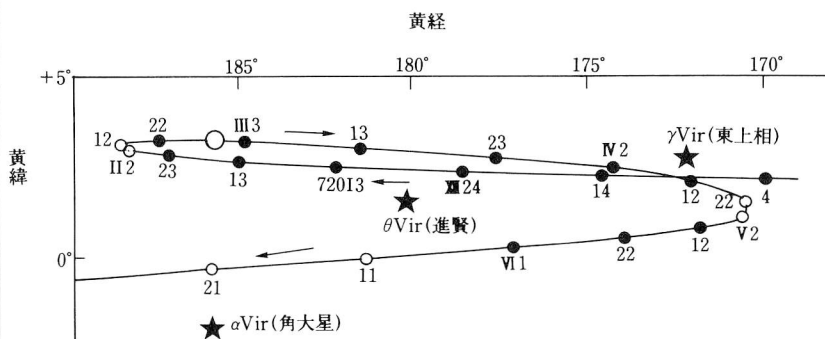
| 外合からの経過日数 a | | 諸　　相 | 太陽離角 *ELO* | 光度 *BR* |
|---|---|---|---|---|
| $0^d$〜$53^d$ | ↑ | 伏，a＝$0^d$ で合 | 0° | （ $2.^m0$） |
| 54 | 東 | 暁星として初見 | − 18 | 2.0 |
| 195 | 天 | 下矩，夜半に出 | − 90 | 0.2 |
| 354 | ↓ | 停留，以後逆行 | −145 | −1.6 |
| 390 | | 衝，終夜可視 | ±180 | −2.4 |
| 426 | ↑ | 停留，以後順行 | 145 | −1.6 |
| 585 | 西 | 上矩，夜半に入 | 90 | 0.2 |
| 726 | 天 | 夕星として伏 | 18 | 2.0 |
| 726 〜780 | ↓ | 伏中，a＝780°で合 | 0 | （ 2.0 ） |

**●演習1.**　［火星逆行］　A.D. 720 Ⅱ 29，養老４年正月庚午（17日），熒惑逆行す（続日本紀８）

ここで「熒惑」とは火星の古名，観測地は奈良平城京（*LON*＝135°.8）とし，この日の *H*＝$22^h$ *LMT* における火星の黄経 *LAM*，黄緯 *BET* 及び光度 *BR* を計算する。

*JD*＝1984097.03944，*SML*＝341°.725，*SL*＝343°.679，*ML*＝179°.5225，*LL*＝172°.402，*LAM*＝185°.713，*BET*＝3°.372，*ELO*＝－157°.967，*BR*＝$-0.^m95$

前述の Houlden-Stephenson 表（1986）は10日置きの火星黄経・黄緯・光度を与えているので，これを演習1.の日時に内挿すると，*LAM*＝185°.74，*BET*＝3°.37，*BR*＝$-0.^m95$となる。*LAM* において筆者の値との間に0°.03ほどの差が出るが，これが筆者のプログラムを使った場合における最悪の偏差であろう。古天文学の場合には問題にならない。

記事によれば，火星はこの時逆行していたという。そこで，問題の日付を挟んで10日間隔で位置計算をして，これをプロットすると図Ⅵ-２のようになる。検算の結果は『続日本紀』の記述のとおりに，火星はこのとき

**図VI-2　養老4年正月庚午（720 II 29）に，火星は○印のところにいて，確かに逆行していた。**

おとめ座にあって，逆行中であった。図で●印が10日間隔の位置，○印は問題の日時における位置を示している。

『日本書紀』『続日本紀』には，惑星現象や月星の掩犯記事など合わせて19例を載せるが，このうち10例が熒惑に関連した記事である。日本古代においては,熒惑の運行に対しては特別の関心が払われていたようである。

中国の『史記』「天官書」には，

“礼を失すれば罰が熒惑に出る。熒惑の失行がこれである。”

とあり，また『晋書』「天文志」には，

“熒惑が逆行して，釣針のように軌道が曲がる時は，戦は凶であり，その軍は包囲される。”

とある。とにかく，熒惑の逆行（失行）は中国でも古来，重大な天変として恐れられていたらしい。

**●演習2.**　［アリストテレスの火星食］B.C. 357 V 4，夜9時ごろアテネにおいて火星が月に掩食された。

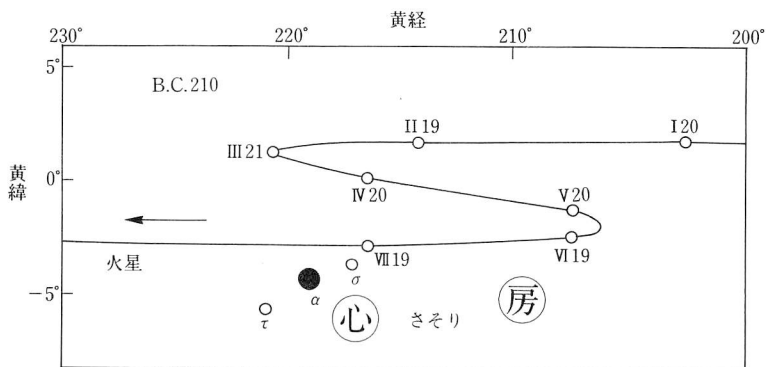
これは本書の「まえがき」および**第I章2.**ですでに紹介したアリストテレスの火星食のことである。月の運動はまだ説明がなされてないから，ここでは当夜における火星の黄経・黄緯・光度についての計算を示そう。

観測地はアテネ（$LON=23°.7$），年月日時は$-356$ V 4，$20^{h}$ LMT とする。

$JD=1591153^d.2675$, $SML=38°.0056$, $SL=38°.8340$, $ML=169°.1715$, $LL=161°.051$, $TB=1°.43704$, $DD=1.37048$, $LAM=122°.183$, $BET=1°.6870$, $ELO=83°.3493$, $BR=0.^m99$。図Ⅰ-2は当日の$19^h$, $20^h$, $21^h$における火星の位置を示している。詳細は **“XⅢ　星食”の演習2.** を見られたい。

**●演習3.**　［熒惑守心］　B.C. 210Ⅲ～Ⅴ，秦始皇36年（B.C. 211），熒惑心を守る（史記・始皇本紀）

熒惑は火星の古名である。火星は天球を周回する途中で，順行（東進）から逆行（西進）へ移る際およびその逆の際に，一時的に停留状態になる。このように，ある星宿中にしばらく滞留する状態のことを古くは「守」といった。また，逆行中はその運動が順行のときよりもおそくなるために，守・逆行・守の一連の期間をこめて「守」ということもある。このような「守」になるのは約2.2年ごとにおこり，「守」の期間は75日くらいである。

また，「心」とはさそり座のσ，α，τ Scoからなる星宿名で，28宿中の第5番目。このうち，α Sco（$1.^m0$）は東洋では心大星，西洋ではAntares（赤く輝くので“火星に対抗するもの”という意味のギリシャ語）といった。つまり，「熒惑守心」とは，赤色巨星α Scoと火星とが接近停

図Ⅵ-3　B.C. 210（-209）前半における火星の「守心」の状況。

留する意であり，東洋でも西洋でも，最も重大な天変と考えられていた。

ところで，『史記』「六国年表」には，始皇36年はB.C. 211年と割りふられている。しかし，この年に火星は年初から年末まで順行中で，しかも心宿には一切近づかなかった。火星が心宿に停留するのはその翌年のB. C. 210なのである。すなわち，古天文学検算によると，火星はB. C. 210年初に順行していたが，Ⅲ21に心宿で停留し，以後逆行に転じ，Ⅵ5ごろ房宿西端（黄経206°）でふたたび停留し，のち順行にもどった。そしてⅦ月末にはふたたび心宿中を通過して東方に去った。その情況は図Ⅵ-3のとおりである。すなわち，『史記』「六国年表」に，始皇36年をB. C. 211（−210）としているのは誤りで，正しくはB. C. 210（−209）とせねば天文検算と合わない。

B. C. 210（−209）前半期中，30日間隔の火星の黄経・黄緯および太陽離角と火星光度の値を示すと次のとおり。

| −209 | Ⅰ20 | Ⅱ19 | Ⅲ21 | Ⅳ20 | Ⅴ20 |
|---|---|---|---|---|---|
| *LAM* | 202°.10 | 214°.25 | 220°.37 | 216°.54 | 207°.45 |
| *BET* | +1°.89 | 1°.83 | 1°.42 | 0°.28 | −1°.34 |
| *BR* | 0ᵐ.7 | −0ᵐ.0 | −0.ᵐ9 | −1.ᵐ8 | −1ᵐ.8 |
| *ELO* | − 95° | −113° | −136° | +191° | 150° |
| | Ⅵ19 | Ⅶ19 | Ⅷ18 | | |
| *LAM* | 207°.16 | 217°.32 | 233°.67 | | |
| *BET* | −2°.36 | −2°.69 | −2°.65 | | |
| *BR* | −1ᵐ.1 | −0ᵐ.6 | −0ᵐ.1 | | |
| *ELO* | 124° | 105° | 92° | | |

# Ⅶ 木　　星

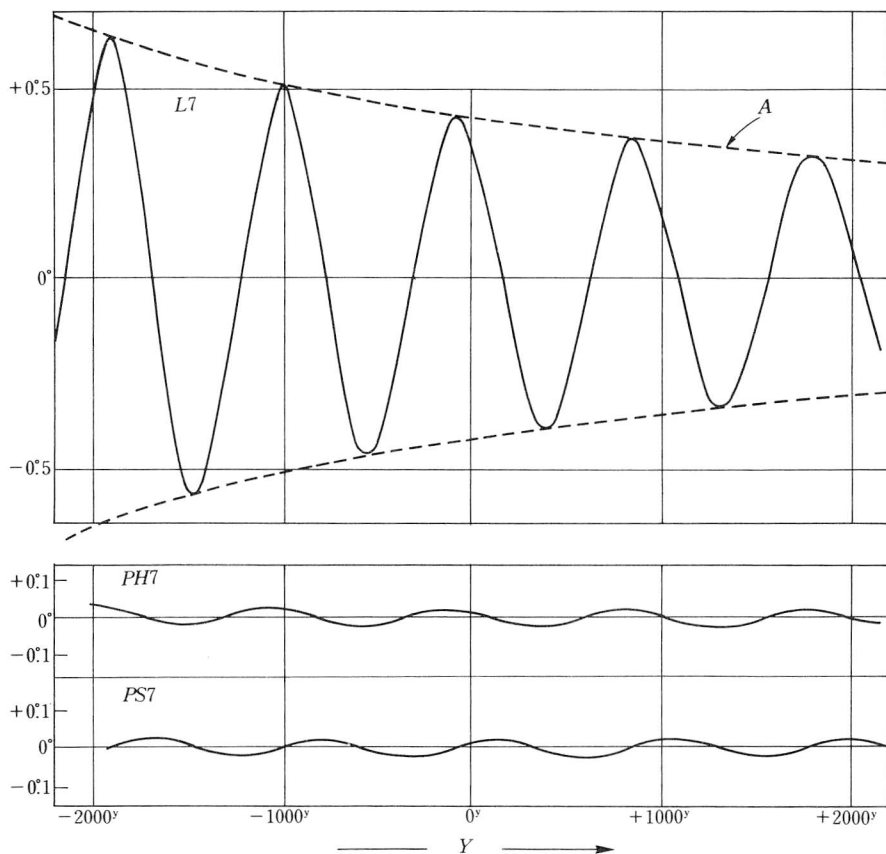
木星は西洋ではJupiter, 東洋では「歳星」と呼ばれて，５惑星を代表する惑星であり，光度も一番明るい。木星の会合周期は399日であり，その間の諸相は下のとおり。

**木星の会合周期（399日）の間の諸相**

| 外合からの経過日数 a | | 諸　　相 | 太陽離角 *ELO* | 光度 *BR* |
|---|---|---|---|---|
| $0^d$〜$12^d$ | ↑ | 伏，a＝$0^d$ で合 | 0° | (−1.$^m$5) |
| 13 | 東 | 暁星として初見 | −10 | −1.5 |
| 100 | 天 | 下矩，夜半に出 | −90 | −2.0 |
| 140 | ↓ | 停留，以後逆行 | −116 | −2.2 |
| 200 | | 衝，終夜可視 | ±180 | −2.5 |
| 260 | ↑ | 停留，以後順行 | 116 | −2.2 |
| 300 | 西 | 上矩，夜半に入 | 90 | −2.0 |
| 386 | 天 | 夕星として伏 | 10 | −1.5 |
| 387〜399 | ↓ | 伏中，a＝399°で合 | 0 | (−1.5) |

## 1. 木星の位置計算

木星と土星とは大惑星であり，互いの軌道も近く，時に大引力をもって引き合うので，今までのように軌道要素を *C* のベキ級数で表わすような簡単なことではすまない。すなわち，木星の場合は，*ML*，*PNL*，*EC* には *C* のベキ級数の外に，減衰正弦曲線のような周期的補正項を考慮する必要がある。これを「摂動項」という。摂動項には，大別して長周期（930年ほど）の摂動項と短周期（約20年と30年とのダブル周期）の摂動項とがある。まずこれらの摂動項を軌道要素に補正したのち，これらを新要素と考えてそのあと従来の計算に入れればよい。

**長周期摂動項**　木星の長周期摂動項はGaillot（ガイヨー）の方式をノイゲバウエルが整理した数表（1914）に従う。ノイゲバウエルは数表で与えているが，これを *C* の関数としてグラフで表わすと図Ⅶ-1のようになる。

**図Ⅶ-1　木星の長周期摂動の補正項 $L7$，$PH7$，$PS7$．$A$ は $L7$ の減衰振動関数の振幅 A（T）を表わす。**

(1)　ここで $L7$ 曲線は平均黄経 $ML$ に加えるべき長周期摂動の補正項である。いま，$T=Y/1000$ とおけば，$L7$ 曲線は下式のような減衰する振幅をもつ正弦曲線で近似できる。

$$L7=A(T)\sin\left\{(T-0.62)\frac{360^\circ}{0.925}\right\} \quad \cdots\cdots(59)$$

ここで，$L7$ の振動周期は925年。また $L7=0$ となる位相のひとつは $Y=620$ 年である。振幅 $A(T)$ は $Y=-2000$ 年から $+2000$ 年の間で

$$A(T)=0°.42-0°.075T+0°.015T^2-0°.003T^3 \cdots\cdots(60)$$

で当てはまる。

(2) つぎに，図Ⅶ-1の$PS7$曲線は近日点黄経$PNL$に加えるべき長周期摂動の補正項であって，下で近似できる。

$$PS7=0°.02\sin\{(T+0.1)\frac{360°}{0.925}\} \cdots\cdots(61)$$

これも925年周期で変動する。しかし，振幅は減衰しないと見てよい。

(3) さらに，図Ⅶ-1の$PH7$曲線は軌道離心率$EC$に加えるべき長周期摂動の補正項であり，下で近似できる。

$$PH7=0°.03\sin\{(T+0.36)\frac{360°}{0.925}\} \cdots\cdots(62)$$

これも925年周期で変動し，振幅は減衰しないと見てよい。

**短周期摂動項**　これは長周期摂動項のように$C$だけの関数では表現できない。2個の摂動引数$ETA$（ギリシャ文字$\eta$のこと）と$ZETA$（同じく$\zeta$のこと）があり，これらは$JD$の1次関数として下で定義される。

$$ETA=86°.1+0°.033459\ (JD-1721057) \cdots\cdots(63)$$

$$ZETA=89°.1+0°.049630\ (JD-1721057) \cdots\cdots(64)$$

ここで，$ETA$，$ZETA$は大数になるから

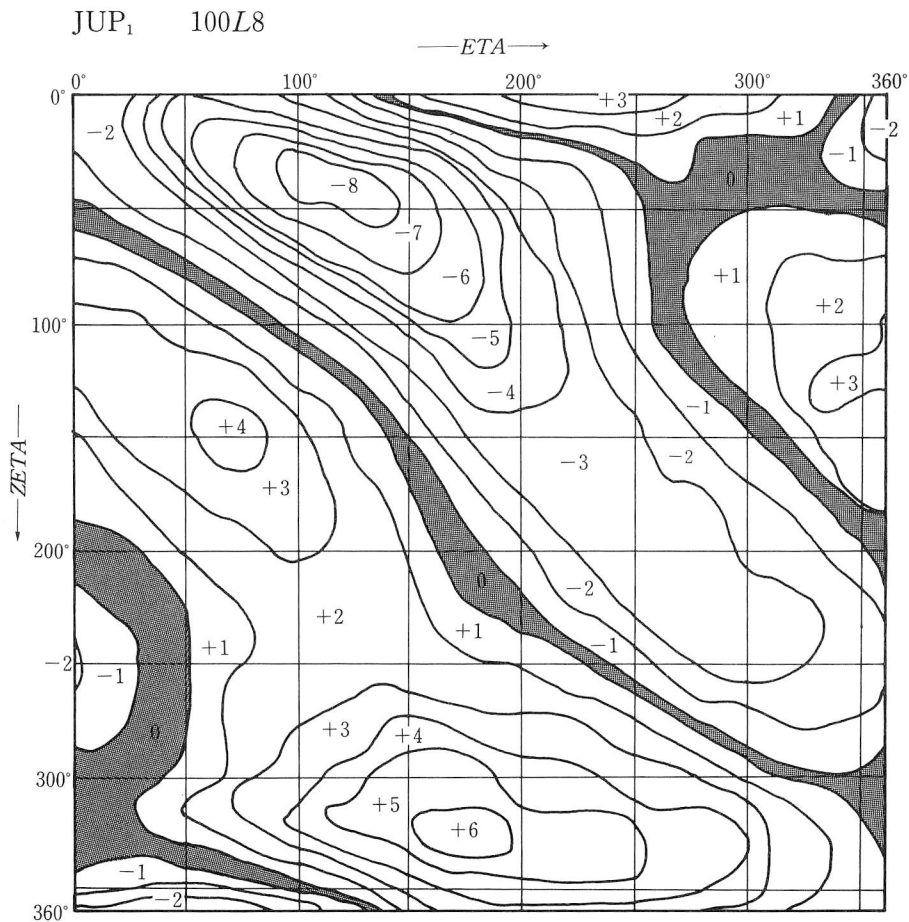
$$ETA=360°(ETA/360-INT(ETA/360)) \cdots\cdots(65)$$

$$ZETA=360°(ZETA/360-INT(ZETA/360)) \cdots\cdots(66)$$

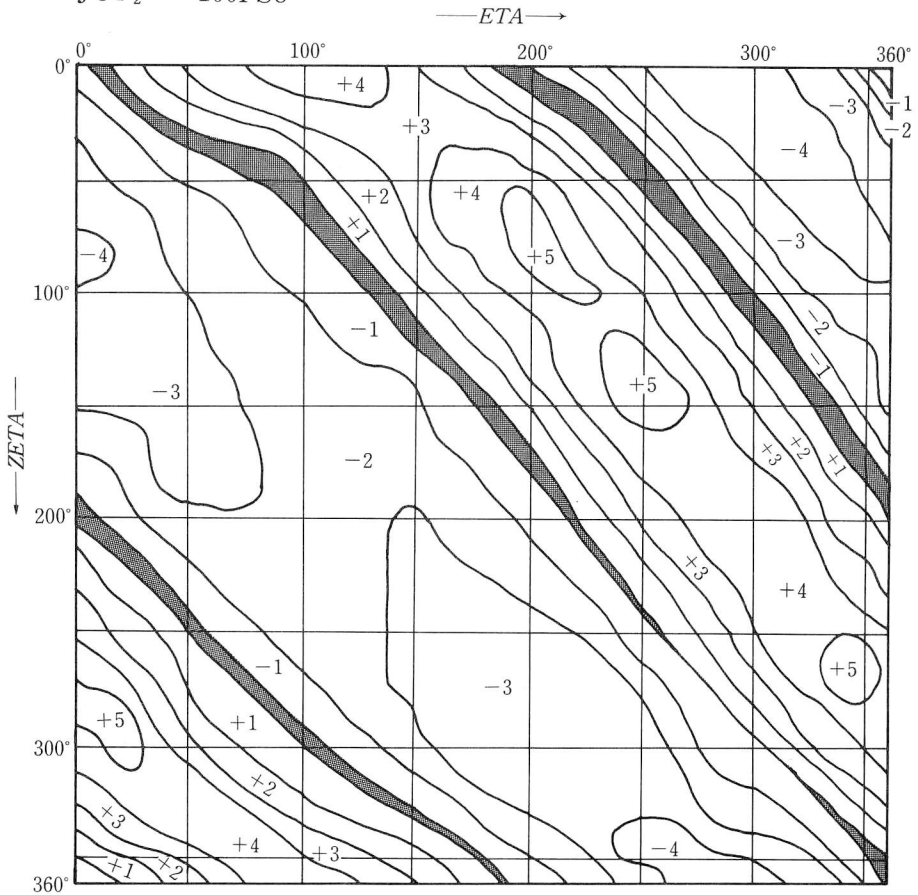
を使って，$ETA$，$ZETA$が0°～360°の範囲に納まるような手配をしておく。上式を吟味すると，$ETA$は29.45年の周期をもち，$ZETA$は19.86年の周期をもつことがわかる。なお，1721057なる数値は西暦0年Ⅰ 0，$12^h$ UTに対応するユリウス通日である。

さて，

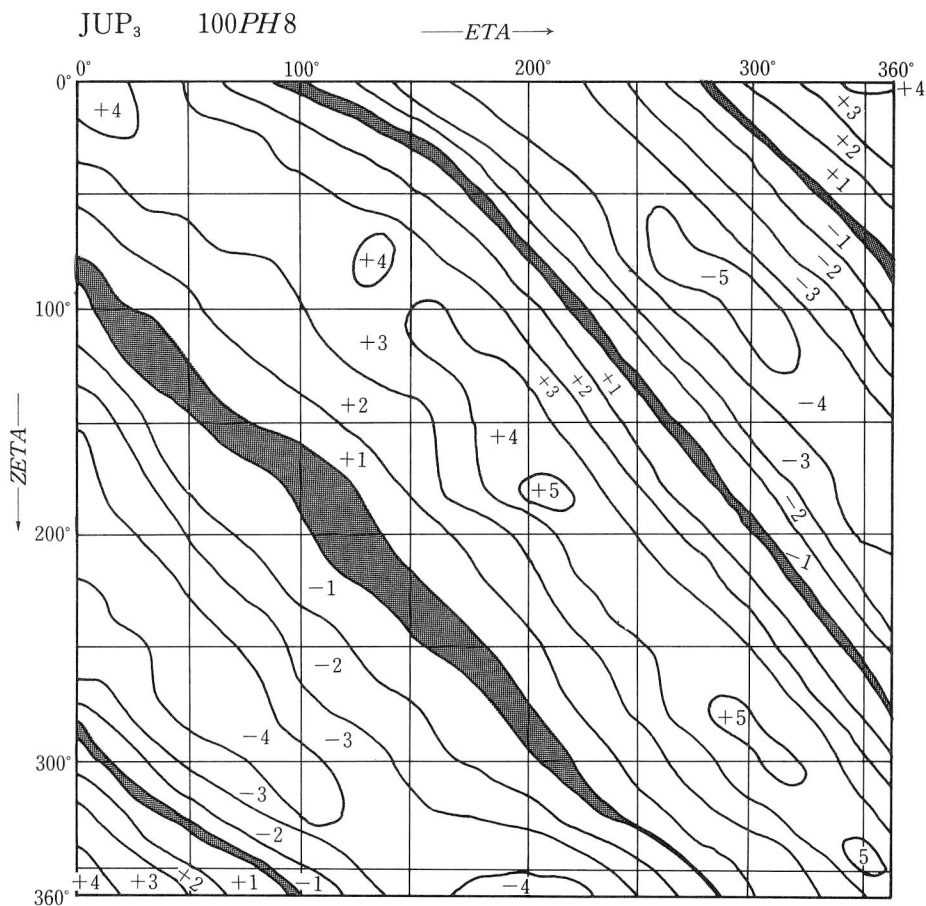
(1) 図Ⅶ-2の$L8$曲線は木星の平均黄経$ML$に加えるべき短周期摂動の補正項である。これは$ETA$と$ZETA$との2重関数であって，とうてい簡単な数式をもって近似できそうにない。そこで数式化の試みはあきらめて，$ETA$，$ZETA$を横・縦軸上にした2次元の図をつくり，$ETA$，$ZETA$値の交叉する点の値を読みとって，これを$L8$とする。ただし図Ⅶ-2では表示の便宜上2ケタ

JUP₁　100L8

図Ⅶ-2　木星の平均黄経 *ML* に加えるべき短周期摂動項 *L* 8（表値を100で割った値を使うこと）。

大きい数を記入してある。たとえば，*ETA*＝100°，*ZETA*＝200° の交叉点からは *L*8＝＋0°.03と読みとるべきである。*L*8値にはプラスとマイナスとの領域があることに注意されたい。アミをかけた領域はゼロ値を表わす。

(2)　図Ⅶ-3の *PS*8曲線は木星の近日点黄経 *PNL* に加えるべき短周期摂動の補正項 *PS*8の100倍値を示す。これも *ETA*，*ZETA* を引数として図から読みとればよい。たとえば，*ETA*＝100°，*ZETA*＝200° の点では *PS*8＝−0°.02と読み

図Ⅶ-3　木星の近日点黄経 *PNL* に加えるべき短周期摂動項 *PS* 8（表値を100で割った値を使うこと）。

とれる。

(3)　図Ⅶ-4の *PH*8曲線は木星の軌道離心率 *EC* の逆正弦関数 *PH* に加えるべき短周期摂動の補正項 *PH*8の100倍値を示してある。たとえば，*ETA*＝100°，*ZETA*＝200°の点では，*PH*8＝−0°.01と読みとれる。

図Ⅶ-4　木星の軌道離心率 *EC* に加えるべき短周期摂動項 *PH*8（表値を100で割った値を使うこと）。

ここで，はじめに戻って，木星の軌道要素は

元期：Epoch＝AD 1900 Ⅰ 1.5 UT＝JD $2415021.^{d}0$

として，

平均黄経：$ML = 238^\circ.132386 + 3036^\circ.301986\,C + 3^\circ.34683\cdot10^{-4}\,C^2 - 1^\circ.64889\cdot10^{-6}\,C^3$ ……(67)

近日点黄経：$PLN=12^\circ.720972+1^\circ.6099617\,C$
$+1^\circ.05627\cdot10^{-3}\,C^2-3^\circ.4333\cdot10^{-6}\,C^3$ ……(68)

昇交点黄経：$OMG=99^\circ.443414+1^\circ.01053\,C$
$+3^\circ.52222\cdot10^{-4}\,C^2-8^\circ.51111\cdot10^{-6}\,C^3$ ……(69)

軌道傾斜角：$INC=1^\circ.308736-5^\circ.69611\cdot10^{-3}\,C$
$+3^\circ.88889\cdot10^{-6}\,C^2$ ……(70)

軌道離心率：$EC=0.0483348+0.164180\cdot10^{-3}\,C$
$-0.4676\cdot10^{-6}\,C^2-1.7\cdot10^{-9}\,C^3$ ……(71)

軌道半長径：$AX=5.202805$ ……(72)

で与えられる。そこで，

(1) $ML$ への摂動補正は長・短周期あわせて

$ML=ML+L7+L8$ ……(73)

(2) $PNL$ への摂動補正は

$$PNL=PNL+\frac{(PS7+PS8)}{\sin PH} \quad \cdots\cdots(74)$$

と置きかえる。ここで $PH$ は

$PH=2^\circ.58+0^\circ.1T$ ……(75)

で近似して充分である。

(3) $EC$ への摂動補正値は

$EC=\sin(PH+PH7+PH8)$ ……(76)

で与えられる。

以上で摂動補正はすべて完了である。上記以外の軌道要素はそのまま使ってさしつかえない。そして，修正された軌道要素を使って，あとは“Ⅳ　金星”の位置計算の方式に従って計算をすすめればよい。

## 2. 木星の光度

木星の光度は Müller の実験式を使う。下のとおりである。

$BR=-8^m.93+5^m\log_{10}(RR\cdot DD)$ ……(77)

**●演習1.**　［三星合］−155 Ⅶ 27，前漢・景帝元年７月乙丑（３日），金木水三，張に於て合。（漢書天文志）

観測地は長安（現在名は西安）で $LON=108°.9$，記事の日の $19^h$ LMT における木星の位置を計算しよう。

$JD=1664651.^d98916$，$SL=120°.121$，$ML=140°.549$，$L7=+0°.368$。

$ETA=358°.8$，$ZETA=169°.7$から $L8=+0°.01$。

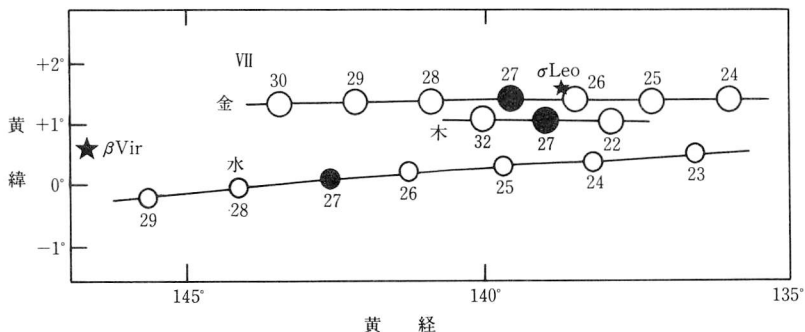
ゆえに長・短周期摂動を補正した後の $ML=140°.90$を得る。

また，$PNL=340°.121$，$PS7=-0°.01$，$PS8=-0°.02$，だから長・短周期摂動を補正した後の $PNL=339°.51$を得る。

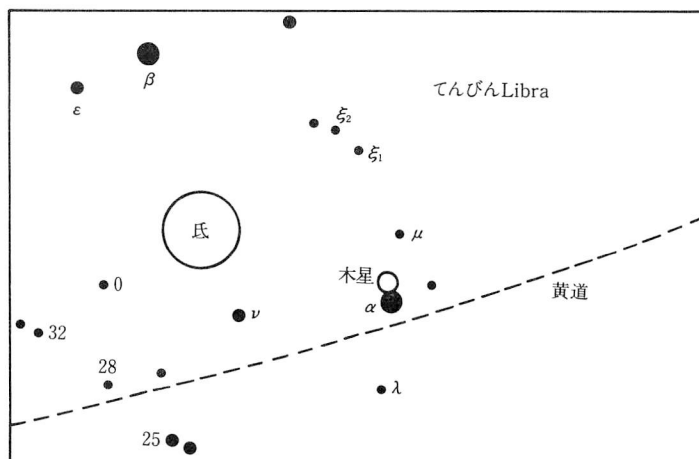
また，$EC=0.04478$，$PH7=0°.03$，$PH8=-0°.04$，だから長・短周期摂動を補正した後の $EC=0.04456$を得る。

これらの新しい軌道要素値を使って計算を実行すると，木星の黄経 $LAM=138°.992$，黄緯 $BET=1°.088$を得る。ちなみに，タッカーマン表（1962）を内挿すると，$LAM=139°.00$，$BET=1°.09$となり筆者の値とよく一致する。光度は $BR=-1.^m2$。

同様に，金星について計算すると $LAM=139°.758$，$BET=1°.430$，$BR=-3.^m3$となる。水星の場合は $LAM=142°.747$，$BET=0°091$，$BR=0^m.0$を得る。

確かに，木金はかなり接近しているが，水星は両星よりも3° ほど東に

図Ⅶ-5　前漢景帝元年７月乙丑（−155 Ⅶ 27）における木金水の位置（●印）とその前後数日間の運動を示す。

ある。図Ⅶ-5は記事の日付の前後における木星・金星・水星の運動を計算してプロットしたものである。図中で●印の点はⅦ27, $19^h$ LMT における3惑星の位置を示している。このとき，金星は木星の北東0°.6にあり，水星は金木の東3°.5にあったから，金木は「犯」，そして三星はゆるい「合」というべきである。しかし，記事の日付の前日Ⅶ26夜には金・木は0°.3にまで接近していた。またⅦ24夜には木・水は0°.6に接近していた。おそらく上の記事は両現象を1日の出来事のごとくにまとめ書きをしたとも解釈できる。図中には近くの恒星を記入しておいた。木・金・水はともに張宿（うみへび座）の東のはずれに入宿していたから記事のとおりである。なお，恒星の位置については後出の附録1「黄道帯恒星表」を見よ。

**●演習2.**　［歳星氐を犯す］寛和2年6月22日（986Ⅶ31）の夜半すぎの丑の刻（2 am）に，第65代花山（かざん）天皇は1人の供をつれて宮中を抜け出して，東山花山寺に馳けこみ，髪を下ろして退位された。これは藤原兼家らの陰謀によって，天皇に譲位を強制した専横だといわれている。

図Ⅶ-6　寛和2年6月22日（986Ⅶ31）夜半すぎに，木星（○印）が氐宿距星 $\alpha^2$ Lib（●印）を犯した図。

この夜に天皇のお車が土御門(みかど)口より東ざまに行き，陰陽師・安倍晴明の邸前を通ったが，そのとき，たまたま晴明は観星台上にあって天文を占っていたが，

「帝(みかど)下りさせたもふと見ゆる天変ありつるが，すでになりにけりと見ゆるかな。参りて奏せん。車を装束せよ」

といったという事が『大鏡』に載っている。このことは本書「まえがき」にも述べておいた。ここで安倍晴明が見た「天変」が果して何であったかを古天文学的に検証してみよう。いろいろの可能性を想定して試算をおこない，不合格のケースをひとつひとつ消去していくと，最後に有力な天変の候補がひとつ残った。

それは寛和２年６月22日の夜半をすぎた丑の時（986 Ⅷ 1，$2^h$ 京都平均時）に，木星が氐宿距星 $\alpha^2$ Lib（$2.^m7$）に0°.57に迫った「犯」があった事である。いま，京都の経度を，$LON=135°.75$とすると，計算経過は下のとおり。

$JD = 2081406.^d207777$, $SML = 134°.208$, $ETA = 263°.024$, $ZETA = 333°.231$, $L7=0°.21807$, $L8=0°.04$, $ML=225°.216$, $PS7=0°.017765$, $PS8=-0°.03$, $PNL=357°.8447$, $PH7=0°.008345$, $PH8=0°.01$, $EC=0.047053$, $MA=227°.371$, $LL=221°.412$, $TB=1°.0247$, $LAM=210°.801$, $BET=1°.002$, $BR=-1^m.58$

一方，氐距星 $\alpha$ $Lib^2$($2.^m7$) は附録１の「黄道帯恒星表」から

$LAM=210°.98$, $BET=0°.46$

を得る。ただし，AD 986年初の春分点座標系による値である。

図Ⅶ-6は，この時の木星と氐距星とを星図上にプロットした図である。この夜両者は0°.57にまで接近していた。おそらく，これが安倍晴明が見た「天変」であったろう。木星は天子の位を表わす惑星であり，氐宿は当時秋分点が存在した星宿で，太陽がここに入ると昼夜は平分となり，この点の前後で昼夜の長さが逆転する重要な分点である。

# Ⅷ 土　　星

土星は中国では古くは「塡星」または「鎮星」と呼ばれた。木星につぐ大惑星であり，木星の摂動を大いに受けるので位置計算の手続きはかなり複雑である。会合周期は378日で，その間の諸相を下に示す。

**土星の会合周期（378日）の間の諸相**

| 外合からの経過日数 a | | 諸　　相 | 太陽離角 *ELO* | 光度 *BR* |
|---|---|---|---|---|
| $0^d$〜$17^d$ | ↑ | 伏，a＝$0^d$で合 | 0° | （ $0.^m4$） |
| 18 | 東 | 暁星として初見 | −14 | 0.4 |
| 94 | 天 | 下矩，夜半に出 | −90 | 0.2 |
| 121 | ↓ | 停留，以後逆行 | −110 | 0.1 |
| 189 | | 衝，終夜可視 | ±180 | 0.0 |
| 257 | ↑ | 停留，以後順行 | +110 | 0.1 |
| 283 | 西 | 上矩，夜半に入 | 90 | 0.2 |
| 360 | 天 | 夕星として伏 | 14 | 0.4 |
| 361 〜378 | ↓ | 伏中，a＝$378^d$で合 | 0 | （ 0.4 ） |

## 1.　土星の位置計算

土星の位置計算は木星の場合に準ずるが，摂動補正が必要な要素は*ML*, *PNL*, *EC*のほかに，*AX*が新しく加わる。つぎのとおり。

**長周期摂動項**　土星の長周期摂動補正項はすべて減衰振動型の正弦曲線で近似することができる（図の掲示は省略する）。

(1)　土星の平均黄経*ML*への長周期摂動の補正項は

$$L7=-0°.50+A(T)\sin\{(T-0.145)\frac{360°}{0.95}\} \quad \cdots\cdots(78)$$

で近似される。ここで，振幅$A(T)$は

$$A(T)=0°.88-0°.0633T+0°.03T^2-0°.0006T^3 \quad \cdots\cdots(79)$$

とおかれる。

(2) 土星の近日点黄経 $PNL$ への長周期摂動の補正項 $PS7$ は

$$PS7=-0^\circ.50+B(T)\sin\{(T-0.54)\frac{360^\circ}{0.95}\} \cdots\cdots(80)$$

で近似される。ここで振幅 $B(T)$ は

$$B(T)=0^\circ.10-0^\circ.005T \cdots\cdots(81)$$

とおかれる。

(3) 土星の軌道離心率 $EC$ への長周期摂動の補正項は，$EC$ の逆正弦関数 $PH$ への補正項 $PH7$ であり，それは

$$PH7=-0^\circ.50+F(T)\sin\{(T-0.32)\frac{360^\circ}{0.95}\} \cdots\cdots(82)$$

で近似される。ここで，振幅 $F(T)$ は

$$F(T)=0^\circ.10-0^\circ.005T \cdots\cdots(83)$$

とおかれる。

(4)土星の軌道半長径 $AX$ への長周期摂動の補正項 $AX7$ は

$$AX7=-0.050+G(T)\sin\{(T-0.35)\frac{360^\circ}{0.95}\} \cdots\cdots(84)$$

で近似される。ここで，振幅 $G(T)$ は

$$G(T)=0.004-0.0005T \cdots\cdots(85)$$

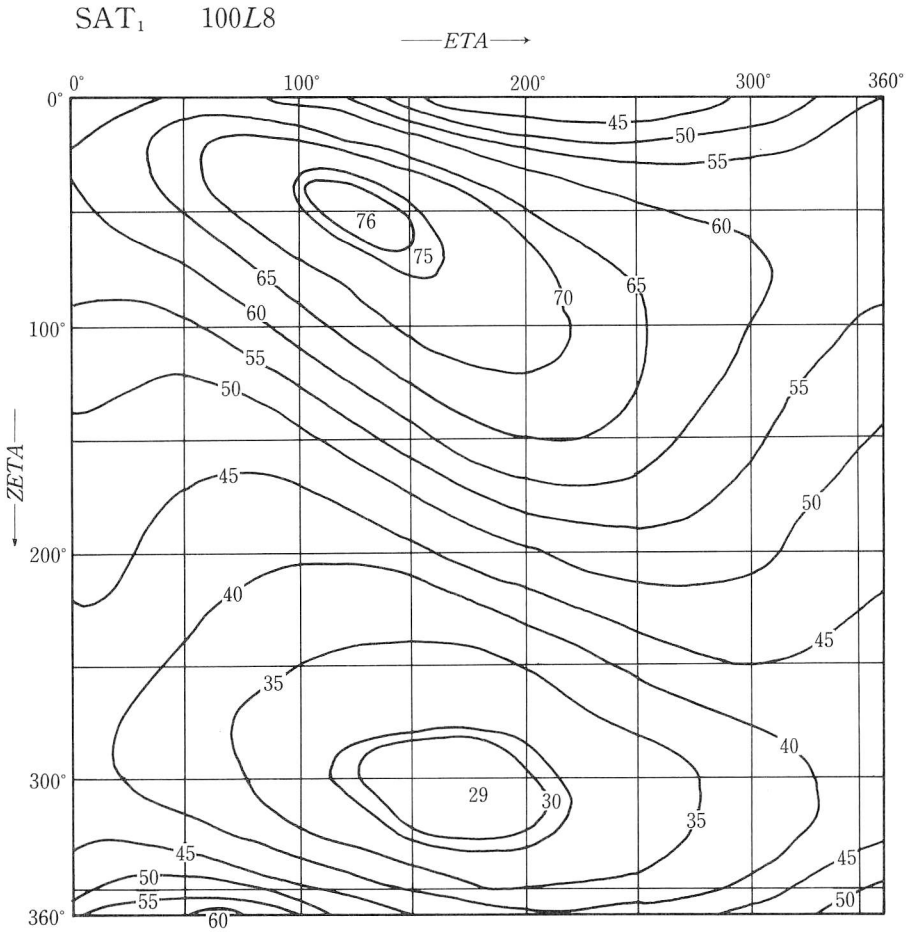
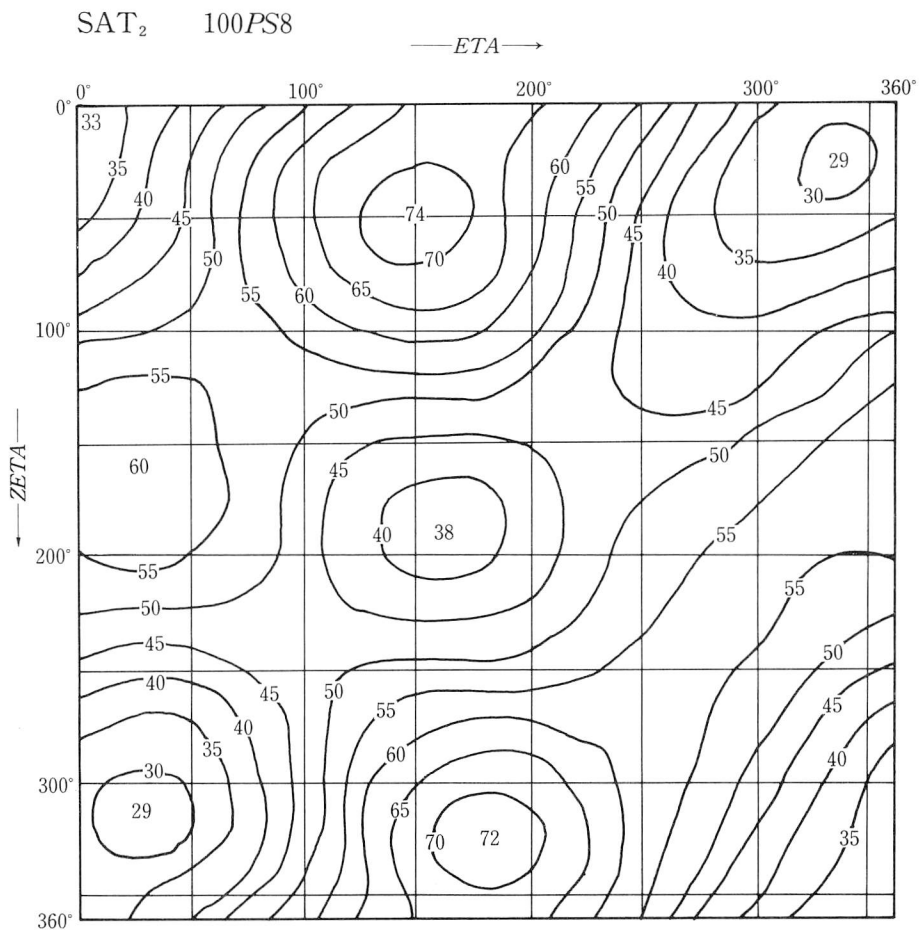
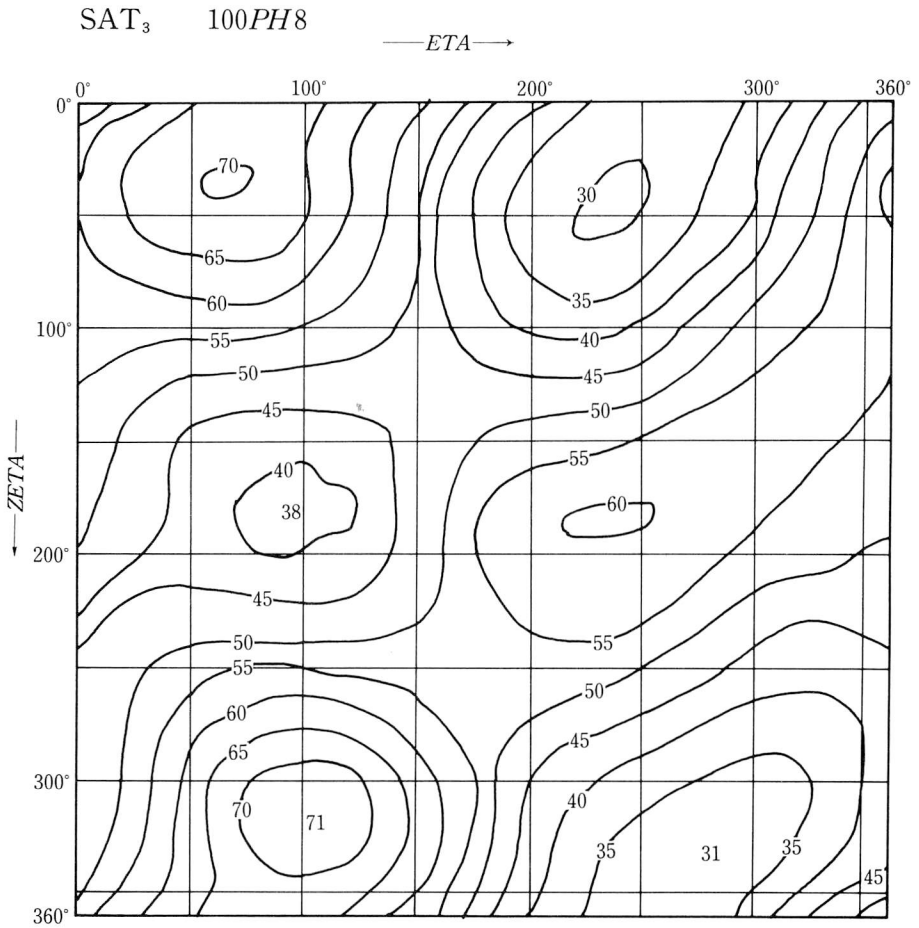
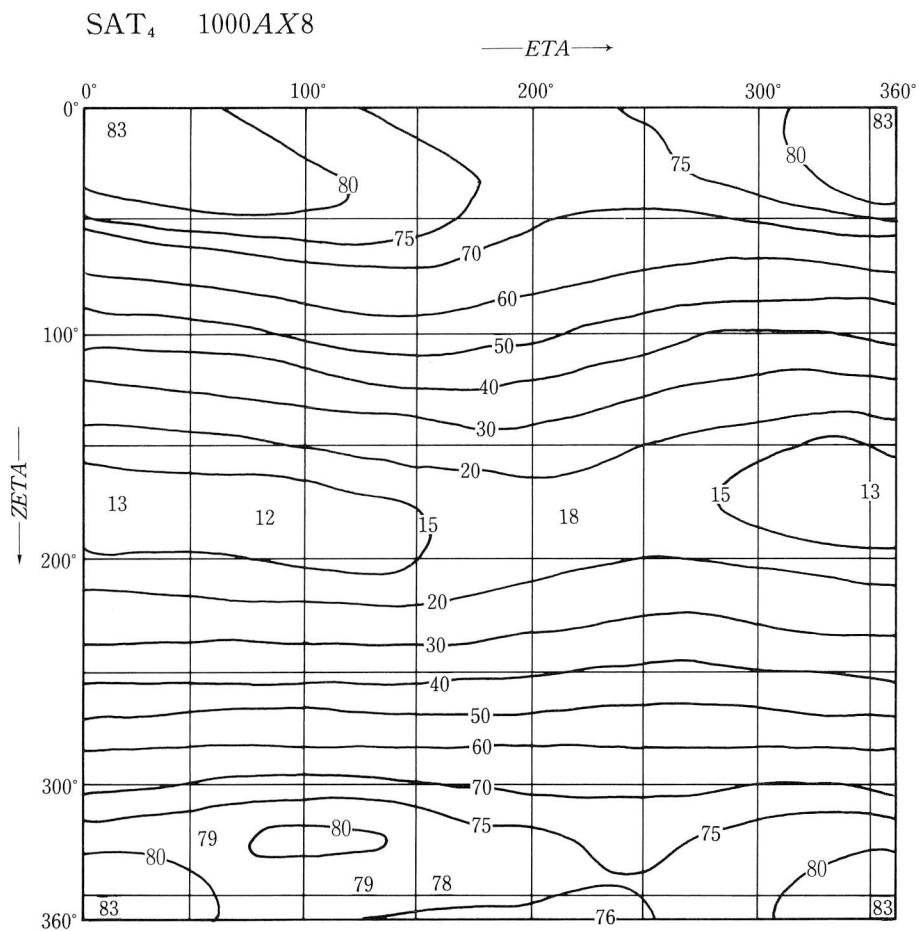
とおかれる。

長周期摂動の摂動周期は木星と土星とで本来同一であるべきかもしれないが，両者の近似式を作ってみるとわずかに相違ができる。この点はやや不明であるが，しばらくはこのままを採用しておく。

**短周期摂動項**　土星の短周期摂動の補正項は $L8$，$PS8$，$PH8$，$AX8$ の４項である。木星の場合に示した $ETA$，$ZETA$ の２引数を使って読みとる４枚の図面Ⅷ-１～４で示される。表値を100で割った値が補正項である。ただし，$AX8$ だけは1000で割ること。ここでの表値はすべてプラスである。

さて始めにもどって，土星の軌道要素は下式を採用する。

元期：Epoch＝AD 1900 Ⅰ 1.5 UT＝JD 2415021.$^{d}$0

において，

図Ⅷ-1　土星の平均黄経 *ML* に加えるべき短周期摂動項（表値を100で割った値を使うこと）。

図Ⅷ-2　土星の近日点黄経 *PNL* に加えるべき短周期摂動項 *PS* 8（表値を100で割った値を使うこと）。

図Ⅷ-3　土星の軌道離心率 *EC* に加えるべき短周期摂動項 *PH*8（表値を100で割った値を使うこと）。

図Ⅷ-4　木星の軌道半長径 *AX* に加えるべき短周期摂動項 *AX* 8（表値を1000で割った値を使うこと）。

平均黄経：$ML=266^\circ.597875+1223^\circ.50988\,C$
$+3^\circ.24542\cdot10^{-4}\,C^2-5^\circ.83333\cdot10^{-7}\,C^3$ ……(86)

近日点黄経：$PNL=91^\circ.09821+1^\circ.958416\,C$
$+8^\circ.26361\cdot10^{-4}\,C^2+4^\circ.61111\cdot10^{-6}\,C^3$ ……(87)

昇交点黄経：$OMG=112^\circ.790414+0^\circ.873195\,C$
$-1^\circ.521810\cdot10^{-4}\,C^2-5^\circ.30555\cdot10^{-6}\,C^3$ ……(88)

軌道傾斜角：$INC=2^\circ.49252-3^\circ.91889\cdot10^{-3}\,C$
$-1^\circ.54889\cdot10^{-5}\,C^2+4.44444\cdot10^{-8}\,C^3$ ……(89)

軌道離心率：$EC=0.05589231-0.34550\cdot10^{-3}\,C$
$-0.728\cdot10^{-6}\,C^2+0.74\cdot10^{-9}\,C^3$ ……(90)

軌道半長径：$AX=9.554747$ ……(91)

この要素への摂動補正は，長・短周期項を合わせて下のようにおこなう。

(1)　土星の平均黄経 $ML$ への補正は

$ML=ML+L7+L8$ ……(92)

でよい。

(2)　土星の近日点黄経 $PNL$ への補正は

$$PNL=PNL+\frac{(PS7+PS8)}{\sin PH} \quad \cdots\cdots(93)$$

ただし，この場合の $PH$ としては

$PH=3^\circ.56-0^\circ.175T-0^\circ.005T^2$ ……(94)

を使えばよい。

(3)　土星の軌道離心率 $EC$ への補正は

$EC=\sin(PH+PH7+PH8)$ ……(95)

を計算する。

(4)　最後に，土星の軌道半長径 $AX$ への補正は

$AX=AX+AX7+AX8$ ……(96)

でよい。

以上の手続きで改訂された新要素を使って，あとは**“Ⅳ　金星”**の位置計算の方式に従って計算をすすめればよい。

## 2.　土星の光度

土星の光度は土星本体の光度と「環」の光度との総合であるから，やや複雑である。

まず，土星本体の光度等級 $BR1$ は，Müller の実験式によって，下のように表わされる。

$$BR1 = -8^{m}.68 + 5^{m} \log_{10}(RR \cdot DD) \quad \cdots\cdots (97)$$

また，土星環の光度の貢献量 $BR2$ は，ショッホ表（1927）の値によるが，これの近似式を作ると，

$$BR2 = 1.^{m}1 \times ABS(\sin(LL + 38° - 0°.014Y)) \quad \cdots\cdots (98)$$

となる。ここで $LL$ は図Ⅵ-1に示すごとく，土星の日心黄経であり，$Y$ は西暦年である。

両者を総合した光度等級を $BR$ とすれば，

$$BR = BR1 - BR2 \quad \cdots\cdots (99)$$

で与えられる。右辺第2項の符号はマイナスであることに注意のこと。

**●演習1.**　［ベツルヘムの星］−6 Ⅹ 27, $18^{h}$ にエジプトの Memphis（$LON = 31°.5$）にて，見えたはずの木星・土星の合について。

これはノイゲバウエル本（1914）Ⅲ，p. 21〜23に載る演習例である。ノイゲバウエルは彼自身が作った数表を使っておこなった計算の全経過を紹介しているので，本書の計算経過と逐次比較することができて都合がよい。

本書の方式による計算経過は下のごとくである。

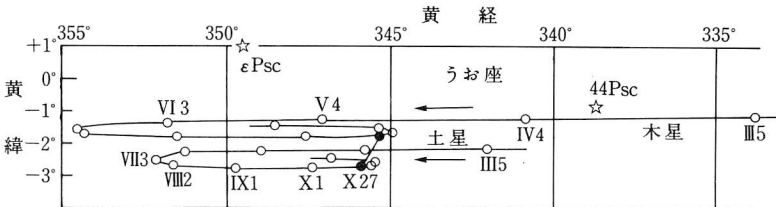
$JD = 1719166.^{d}1625$，$SL = 212°.296$，$ETA = 22°.83$，$ZETA = 355°.26$。$L7 = -1°.24$，$L8 = 0°.55$，ゆえに土星の摂動補正後の平均黄経は $ML = 356°.37$ である。また，$PS7 = -0°.45$，$PS8 = 0°.35$，ゆえに土星の摂動補正後の近日点黄経は $PNL = 52°.369$ である。また $PH7 = -0°.58$，$PH8 = 0°.58$，ゆえに土星の摂動補正後の軌道離心率は $EC = 0.06205$ である。また，$AX7 = -0.05283$，$AX8 = 0.083$，ゆえに土星の摂動補正後の軌道半長径としては $AX = 9,58491$ を得る。あとは，従来どおりの計算をおこなった結果，土星の黄経・黄緯と総合光度は

$LAM = 345°.765$，$BET = -2°.688$

$BR=0^{m}.81-0^{m}.52=+0^{m}.29$

が得られる。

同じことを，ノイゲバウエル本は，$LAM=345°.77$と$BET=-2°.68$と与えている。両者の一致は満足的である。

ちなみに，この時の木（$-2.^{m}3$）の位置は本書の方式からは$LAM=345°.18$と$BET=-1°.66$と計算される。ノイゲバウエル本はこれを$LAM=345°.16$と$BET=-1°.66$と出している。

**図Ⅷ-5　ヨハネス・ケプラーが「ベツレヘムの星」はこれだと推定したB.C.7年における木星・土星の合。この年に木土はうお座で停留・逆行をして，3回も合をおこした。○印は30日間隔のプロット。●は計算をしたX 27における位置。**

図Ⅷ-5はⅩ27における木・土の位置を●で示した。そしてその前後30日間隔で木・土の位置を○印で示してある。この図からこの年のうちに木土はうお座において停留・逆行・停留をくりかえし，3回も黄経合をおこしたことがわかる。この合については，すでにケプラーが自ら計算をして見つけたものであり，キリスト誕生のときに現われたといわれる「ベツレヘムの星」とはこの木土の合であったろうと推定した。うお座はイスラエル民族にとって神聖な星座であり，ここに木星・土星の二大惑星が入宿して永い間とどまったということが救世主の誕生の予兆と見られたというケプラーの説にも，一応はうなずけるであろう。

# IX 月

月は地球の周りを公転するから位置計算は"III 太陽"に準ずるが，月の天球上速度は約13°/d と速く，また太陽による大きな引力を受けるので，摂動補正はもっとも複雑である。さらに，月は地球に近いために見かけ上の位置は「視差」の補正をする必要がある。

## 1. 月の位置計算

月の軌道要素はタッカーマン表（1966）による。また，

元期（Epoch）は1800 I 0.5 UT ＝ JD2378496.$^d$0 ……………… (100)

とする。ここで注意すべきは，従来使ってきた元期1900 I 1.5 UT（JD 2415021.$^d$0）よりもユリウス暦の100年分（つまり36525$^d$）だけ遡った時点を元期としていることである。元期の変更はオッポルツェルの"Syzygientafeln für den Mond"およびハンセンの"Tables de la lune"による月の要素に基づくからだという。

新しい元期からの間隔として

$J = (JD - 2378496)/36525$ ………………………………………… (101)

を引数として使うこととする。（これは従来の $C$ に相当する量である。）

月の軌道要素は下のとおり。

平均黄経：$ML = 335^\circ.723436 + 481267^\circ.887361J +$
$3^\circ.38888 \cdot 10^{-3}J^2 + 1^\circ.83333 \cdot 10^{-6}J^3$ ……………… (102)

近地点黄経：$PNL = 225^\circ.397325 + 4069^\circ.053805J -$
$1^\circ.02869 \cdot 10^{-2}J^2 - 1^\circ.22222 \cdot 10^{-5}J^3$ ………… (103)

昇交点黄経：$OMG = 33^\circ.272936 - 1934^\circ.144694J +$
$2^\circ.08028 \cdot 10^{-3}J^2 + 2^\circ.08333 \cdot 10^{-6}J^3$ ………… (104)

軌道傾斜角：$INC = 5°.144433$ ………………………………(105)

軌道離心率：$EC = 0.05490897$ ………………………………(106)

## 2. 月の摂動

月の摂動補正はノイゲバウエル（1914）に倣って主な6個の摂動項補正だけにとどめる。その手順は下のとおりである。

まず，下の諸量を計算する。

$$g = 110°.32601 + 477198°.8436J + 0°.0142039J^2 + 1°.42083 \cdot 10^{-5}J^3 \quad \cdots\cdots (107)$$

$$\omega = 192°.12428 + 6003°.1975J - 0°.0125555J^2 - 1°.25597 \cdot 10^{-5}J^3 \quad \cdots\cdots (108)$$

$$g' = 0°.40885 + 35999°.0552J - 1°.98806 \cdot 10^{-4}J^2 \quad \cdots\cdots (109)$$

$$\omega' = 246°.2310 + 1935°.8602J - 1°64472 \cdot 10^{-3}J^2 - 1°.84028 \cdot 10^{-6}J^3 \quad \cdots\cdots (110)$$

これを使って，さらに下の諸量をつくる。

$$\left.\begin{aligned} AA &= g - 2g' + 2(\omega - \omega') \\ BB &= 2(g - g') + 2(\omega - \omega') = AA + g \\ CC &= g' + 180° \\ DD &= g - 3g' + 2(\omega - \omega') = AA - g' \\ EE &= 2g - 3g' + 2(\omega - \omega') = BB - g' \\ HH &= g - 2g' + \omega - 2\omega' = AA - \omega \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (111)$$

このうち，$AA$，$BB$，$CC$，$DD$，$EE$ は月の黄経方向の摂動引数であり，$HH$ は同じく黄緯方向の引数である。

これを $J$ のベキ級数で示すと，

$$AA = 1°.2949 + 413335°.4078J - 7°.2201 \cdot 10^{-3}J^2 - 0°.72305 \cdot 10^{-5}J^3 \quad \cdots\cdots (112)$$

$$BB = 111°.6209 + 890534°.2514J + 6.9838 \cdot 10^{-3}J^2 + 0°.69778 \cdot 10^{-5}J^3 \quad \cdots\cdots (113)$$

$$CC = 180°.40885 + 35999°.0552J$$

$$-0°.0001988J^2 \cdots\cdots (14)$$

$$DD = 0°.88605+377336°.3526J$$
$$-7°.0213\cdot10^{-3}J^2-0°.72305\cdot10^{-5}J^3 \cdots\cdots (115)$$

$$EE = 111°.21205+854535°.1962J$$
$$+7°.1826\cdot10^{-3}J^2+0°.69778\cdot10^{-5}J^3 \cdots\cdots (116)$$

$$HH = 169°.1706+407332°.2103J$$
$$+5°.3354\cdot10^{-3}J^2+0°.53292\cdot10^{-5}J^3 \cdots\cdots (117)$$

となる。

摂動補正量は，これらの正弦にそれぞれ異なる係数をかけて振幅としたもので，それは下のとおり。

$$\left.\begin{aligned} A_0 &= 1°.2408\sin AA \\ B_0 &= 0°.5958\sin BB \\ C_0 &= 0°.1828\sin CC \\ D_0 &= 0°.0550\sin DD \\ E_0 &= 0°.0431\sin EE \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (118)$$

これらを総和して，

$$ST = A_0+B_0+C_0+D_0+E_0 \cdots\cdots (119)$$

が黄経方向の摂動補正の総量である（ここで $ST$ とは Störung の頭文字)。

月の黄緯方向の摂動補正項は

$$H_0 = 0°.1453\sin HH \cdots\cdots (120)$$

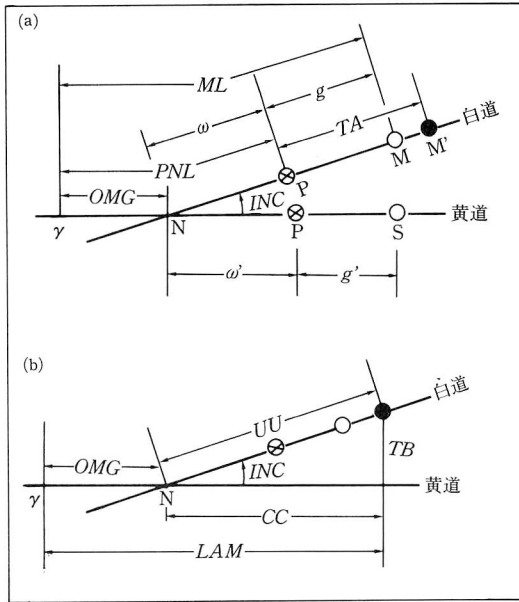
で与えられる。

かくて，月の平均黄経 $ML$ に摂動補正の総量 $ST$ を加えて，新しく

$$ML = ML+ST \cdots\cdots (121)$$

を以て平均黄経とする。あとは **“Ⅳ　金星”** の位置計算の STEP 1 に準じて行えばよい。図Ⅸ-1はそこの図Ⅳ-1に似ているが，今回は地心から見た月の軌道（白道という）を表わしている。記号も異なっているから注意ありたい。

$MA$，$TA$，$CC$，$UU$ を求めたあとで，月の地心黄経 $LAM$ と地心黄緯 $TB$ は

$$\left.\begin{aligned} LAM &= OMG+CC \\ TB &= TB+H_0 \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (122)$$

**図IX-1　月・太陽の軌道要素などの説明図。**
**γ＝春分点，N＝昇交点，P＝近地点，S＝平均太陽，**
**M＝平均月，M′＝真月**

によって求められる。ここでは黄緯方位の摂動補正が加えられている。

## 3. 月視差の補正

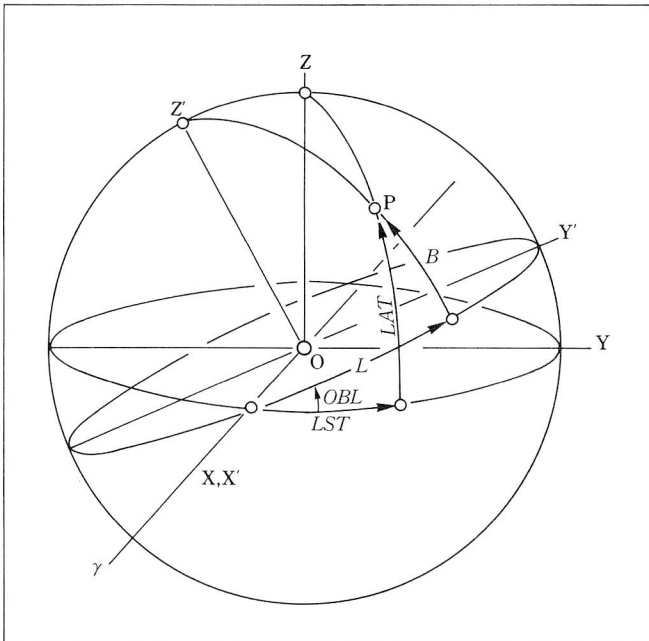
月は地球にかなり近いので，地球上の各地から見た月の視差は最大で±1°.0に達する。これは月の視半径の4倍にあたるから，日食や月星の掩犯の計算には月の視差の補正は絶対に必要である。このために，ノイゲバウエル表（1929）にもショッホ表（1927）にも月の視差補正のための数表を備えている。渡辺敏夫『数理天文学』(1977）には黄経・黄緯成分で視差の数式を与えてある。本項ではこれを少しく簡易化して使うこととする。

地球表面上にある観測点Pの地心赤道座標を（$\rho$，*LST*，*LAT*）とする。ここで，$\rho$は観測点の地心距離（地球平均半径を単位とする。したがって$\rho$はほぼ1.0である)，*LST* は観測点の地方恒星時（Local Sidereal Time)，また *LAT*

は観測点の天文緯度である。ここで地心を座標原点とし，春分点の方向をX軸とし，X軸から赤道に沿って$+90°$の方向をY軸とし，XY軸に直交する北方向をZ軸としている。したがって，P点の東経$LON$は$LST$と等しいのである。

また，観測点Pの地心黄道座標を（$\rho$，$L$，$B$）とする。ここで，$L$，$B$は観測点の地心黄経，地心黄緯である。両座標系の間には下の関係式が成り立つ。

$$
\left.\begin{aligned}
\cos B \cos L &= \cos LAT \cos LST \\
\cos B \sin L &= \cos OBL \cos LAT \sin LST + \\
&\quad \sin OBL \sin LAT \\
\sin B &= -\sin OBL \cos LAT \sin LST + \\
&\quad \cos OBL \sin LAT
\end{aligned}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (123)
$$

ここで，$OBL$は前にもあげた黄道傾斜角である。図Ⅸ-2は地球表面上の1点Pの赤道坐標（$LST$，$LAT$）と黄道座標（$L$，$B$）との変換を理解するための参

図Ⅸ-2　地球表面上の点Pの赤道座標と黄道座標との変換のための参考図。

考図である。

月の視差補正量の黄経成分を$LAM1$，黄緯成分を$TB1$とおけば，それらは下式で与えられる。

まず

$$\sin(LAM1)=\frac{-\sin PI\cos B\sin(L-LAM)}{\cos TB}\cdots\cdots(124)$$

つぎに

$$\tan GA=\tan B/\cos(L-LAM)\cdots\cdots(125)$$

とおけば，

$$\sin(TB1)=\frac{-\sin PI\sin B\sin(\mathrm{GA}-\mathrm{TB})}{\sin \mathrm{GA}}\cdots\cdots(126)$$

ここで，$PI$はその時の月の赤道水平視差（Equatorial Horizontal Parallax）である。

地球の平均半径を長さの単位とするから，月心と地心との平均距離$AX$は

$$AX=60.2682\cdots\cdots(127)$$

また，観測時における月の地心距離$RR$は

$$RR=AX\cdot\frac{1-EC^2}{1+EC\cos(TA)}\cdots\cdots(128)$$

また，月の赤道水平視差$PI$は

$$\sin PI=1/RR\cdots\cdots(129)$$

で与えられる。もっとも，観測点から見る月の視差は上記の$PI$よりいくぶん大きいから，これを平均的に見積って$PI/0.99$とおくことにする。すなわち

$$PI=PI/0.99\cdots\cdots(130)$$

かくて，視差補正をしたあと，観測地から見た時の月の黄経$LAM2$，黄緯$BET2$は

$$\left.\begin{aligned}LAM2&=LAM+LAM1\\BET2&=TB+TB1\end{aligned}\right\}\cdots\cdots(131)$$

で与えられる。また観測点から見た月の視半径$MS$は

$$\sin MS=0^\circ.2735/(RR\times0.99)\cdots\cdots(132)$$

から求められる。

### 4. 月　　相

日光に照らされた月面が地球上の観測点から見える度合いを月相（Moon Phase）という。朔の日の月相は0°であり，それは毎日13°ずつ増えて望の時には180°となり，さらに進んでつぎの朔の日には360°，すなわち0°に戻る。月相を$MP$とおけば，それは

$$\cos MP = \cos(LAM2-SL)\cos(BET2) \quad \cdots\cdots (133)$$

または略算としては，

$$MP = LAM2-SL \quad \cdots\cdots (134)$$

から求められる。

欠けた月の最大幅は，

$$MS(1-\cos MP) \quad \cdots\cdots (135)$$

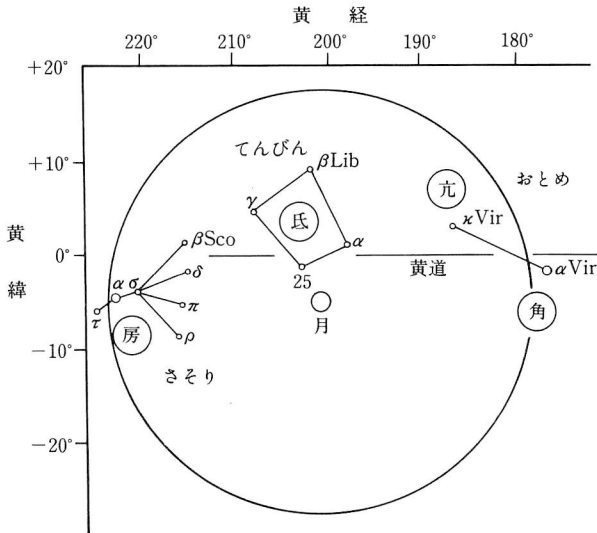
ただし，月相角$MP$は朔から望までは月の西縁から測り，望から晦までは月の東縁から測るものとする。

**●演習1.**　［古代の月暈・日付に誤記あり］A.D. 36 Ⅳ 1，建武12年2月辛亥（16日），月氐に入りて，月暈が，角・亢・房を囲む（後漢書天文志・古今注）

これは記事の日付の夜に，月がてんびん座に入って，月の暈（かさ）が角（$\alpha$ Vir）・亢（$\kappa$ Vir）・房（$\alpha$ Sco）をかこんだということである。光暈は大気中の光学現象であるが，この夜の月と星宿との相対位置を計算することは可能である。観測地は後漢の首都・洛陽（$LON = 112°.4$，$LAT = 34°.8$）とする。

検算によると，記事の日付に1日の誤記があるらしい。図Ⅸ-3は記事の日付の1日前の＋36 Ⅲ 31，$20^h$における月と光暈（その視半径は22°）および附近の星ぼしを描いたものである。

計算を36 Ⅲ 31，$20^h$についておこなうと，

$JD = 17342979.^d0210277$,

$ML = 195°.504$,

**図Ⅸ-3 A.D. 36Ⅲ 31 夜に洛陽で見えた月暈の再現。**

$Ao = -1^\circ.2315$, $Bo = 0^\circ.1740$,

$\mathrm{Co} = -0^\circ.1620$, $Do = 1.9305 \cdot 10^{-2}$,

$Eo = -4^\circ.2367 \cdot 10^{-2}$, $Ho = 0^\circ.1139$,

$ST = -1^\circ.2425$,

$ML = 194^\circ.261$（摂動補正後),

$PNL = 95^\circ.5209$, $\mathrm{OMG} = 306^\circ.8186$,

$UU = 253^\circ.5859$,

$LAM = 200^\circ.342$, $TB = -4^\circ.8203$,

$LST = 8^h.4752$, $L = 120^\circ.887$,

$B = 15^\circ.0124$,

$LAM1 = 0^\circ 904939$, $LAM2 = 201^\circ.247$,（視差補正後)

$TB1 = -0^\circ.25921$, $BET2 = -5^\circ.0795$,（視差補正後)

$MS = 0^\circ.258$, $MP = 192^\circ.34$

すなわち，このとき月は氐宿（てんびん座）の南にあり，月暈は角・亢・房をむすぶ円周上にかかっていたことがわかる。

月の位置の計算は後段の星食，日食の章で，ふんだんに演習をおこなうので，ここでは上例ひとつを例示しておくにとどめる。

# X　座標の変換

天球面における直交座標系には，黄道座標系，赤道座標系，水平坐標系の3系が使われる。この章では，それぞれの系相互間の変換の方式を与えておく。

## 1．黄経・黄緯を赤経・赤緯へ

いままでは日月惑星の座標を黄経・黄緯で表示しておいたが，これを赤経 *RA*（Right Ascension）・赤緯 *DEC*（Declination）へ換算する方式を述べておく。球面天文学によれば下の関係式がある。

$$\left.\begin{aligned}\sin DEC &= \cos OBL \sin BET + \\ &\quad \sin OBL \cos BET \sin LAM \\ \sin RA \cos DEC &= -\sin OBL \sin BET + \\ &\quad \cos OBL \cos BET \sin LAM \\ \cos RA \cos DEC &= \cos BET \cos LAM\end{aligned}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (136)$$

上式によって，*LAM*，*BET*，*OBL* を知れば，*RA*，*DEC* が求められる。*OBL* は黄道傾斜角である。

逆に，*RA*，*DEC* を知って *LAM*，*BET* を求めるには，

$$\left.\begin{aligned}\sin BET &= \cos OBL \sin DEC - \\ &\quad \sin OBL \cos DEC \sin RA \\ \sin LAM \cos BET &= \sin OBL \sin DEC + \\ &\quad \cos OBL \cos BET \sin LAM \\ \cos LAM \cos BET &= \cos DEC \cos RA\end{aligned}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (137)$$

を使えばよい。どちらの換算に当たっても，*LAM* と *RA* とは同じ象限の値を採用することに注意する必要がある。

すなわち，パソコン・プログラムとしては

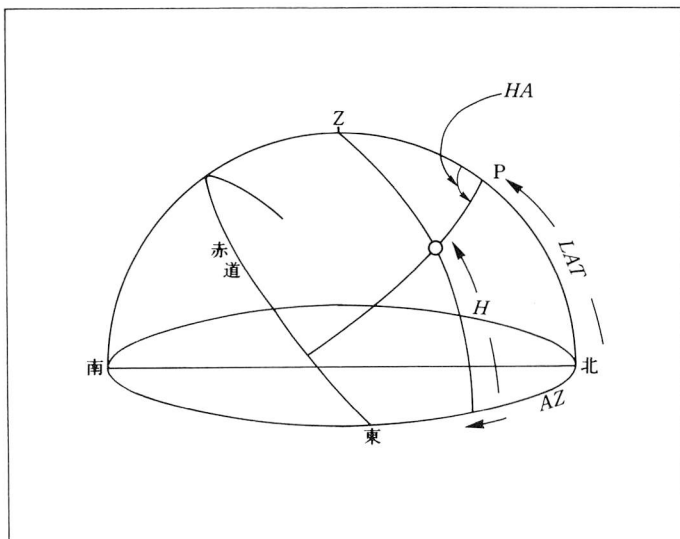
```
IF LAM>0 AND LAM<90   THEN   RA = RA
IF LAM>90 AND LAM<270   THEN   RA = RA+180
IF LAM>270 AND LAM<360   THEN   RA = RA+360
```
……………………(138)

を挿入しておくとよい。

> **●演習1.** 西暦0年におけるアルデバラン（$\alpha$ Tau）は $LAM = 41°.952$, $BET = -5°.607$ である。また，西暦0年の黄道傾斜角は $OBL = 23°.6995$ であるから，上式を使って
>
> $RA = 41°.2229$, $DEC = 10°.2504$
>
> を得る。

## 2. 赤経・赤緯を方位角・高度へ

ある観測点で，ある地方恒星時（$LST$）において，ある天体（赤経 $RA$，赤緯 $DEC$）の時角 $HA$ は

$$HA = RA - LST \qquad \cdots\cdots (139)$$

図X-1　赤道座標（$HA$, $DEC$）と地平座標（$H$, $AZ$）との間の説明図。

から求められる。ここで $HA$ は天体が子午線の東にあるときプラス，西にあるときマイナスと考えている（ふつうの教科書の定義とは逆)。

球面三角法の公式から，その天体の高度 $H$ と方位角 $AZ$（Azimuth の略，真北から東廻り）とは下の式から求められる。

$$\left.\begin{aligned}\cos H \sin AZ &= \cos DEC \sin HA \\ \cos H \cos AZ &= \cos LAT \sin DEC - \sin LAT \cos DEC \cos HA \\ \sin H &= \sin LAT \cos DEC + \cos LAT \sin DEC \cos HA\end{aligned}\right\} \quad (140)$$

ここで，$LAT$ は観測点の天文緯度である。図X-1はその説明図である。

# XI 彗　　星

彗星は古くは「彗孛(すいはい)」といわれて，日食とならんでもっとも重大な天変として恐れられ，古来多くの記録が残された。

## 1.　周期彗星

周期彗星はその軌道要素を知れば，“IV　金星”に準じて位置計算は可能である。しかし，彗星の軌道楕円は細長いことが多くて，*EC* の展開式を使って *MPG* を求める段階で，*EC* が 1 に近い値の場合には，なかなか収斂しなくなる。そこで，周期彗星には独特の計算方法が発達した。それには，まず，

$$QQ = AX(1-EC) \quad \cdots\cdots(141)$$

$$PP^2 = AX^3 \quad \cdots\cdots(142)$$

$$MU = 360°/PP \quad \cdots\cdots(143)$$

なる関係式がある。ここで，*QQ* とは「近日点距離」(Perihelion Distance) のことで，単位は天文単位 (AU)。*PP* とは公転周期で単位は恒星年。第 2 行目の式(142)はケプラーの第 3 法則そのものである。また，式(143)の *MU* は平均運動 (Mean Motion) で単位は °/恒星年。後述するごとく，「日日平均運動」(Daily Mean Motion) として使う場合には °/day を単位とする。

以下の手続きでは，*EC* から *MPG* を求めることをせず，*MA* から直接 *TA* に至る方法を述べる。ここで「ケプラーの方程式」と呼ばれる有名な方程式が登場する。すなわち

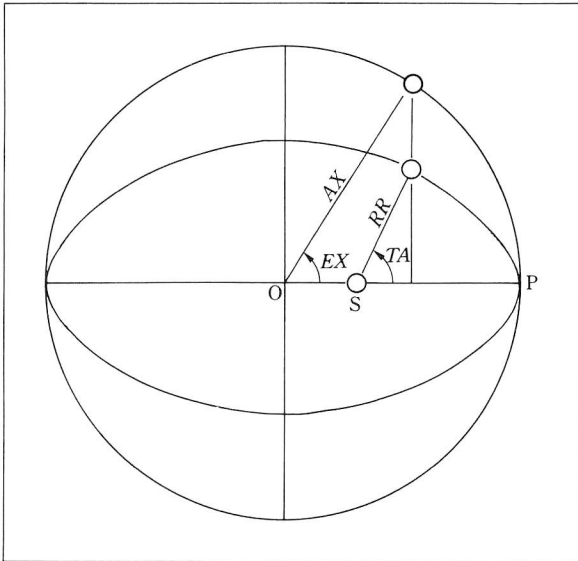
$$MA = EX - EC \sin EX \quad \cdots\cdots(144)$$

である。この式で *MA* と *EC* を知って *EX* を求めようとする。*MA* は平均近点角，*EC* は離心率であることは前述した。ここで *EX* は「離心近点角」(Eccentric Anomaly) というパラメータである。そして，*EX* と真近点角 *TA* とは幾何学

的に下式でつながっている。

$$\tan(TA/2) = \frac{1+EC}{1-EC}\tan(EX/2) \cdots\cdots (145)$$

これによって，$MA$，$EC$ を知れば，$EX$ を仲介として $TA$ が導かれるわけである。図XI-1は，真近点角 $TA$ と離心近点角 $EX$ との関係を示す図である。

ところで「ケプラーの方程式」はいわゆる超越方程式の一種であって，これを代数的に解くことができない。古来いろいろの近似解法が考案されているが，以下ではパソコン計算に最も適した「Newton-Raphson 法」を紹介しておく。

図XI-1　楕円軌道における真近点角 *TA* と離心近点角 *EX* との関係を示す参考図。

## 2.　Newton-Raphson 法

この方法では「繰り入れ（Iteration）をして，いくらでも正解に近づけることができる。

初期段階で，未知の値 $EX$ をとりあえず

$$EX = MA \cdots\cdots (146)$$

と設定する（この段階を「ゼロ次近似」と呼ぶ)。「ケプラーの方程式」において，離心率$EC$は純粋の（無単位の）数値であるから，$MA$も度(°)単位から無単位のラジアン量に換算されていなければならない。すなわち

$$P = \pi/180° \cdots\cdots (147)$$

とおいて，つぎの換算をする。

$$MA = MA * P \cdots\cdots (148)$$

こうすると，ケプラーの方程式を解いて得られた$EX$はラジアン量であるから，最後に

$$EX = EX/P \cdots\cdots (149)$$

の逆換算をおこなって，$EX$を度(°)単位にもどすことを忘れてはならない。

さて,「ゼロ次近似」のつぎの段階では

$$SS = EX - EC \sin EX - MA \cdots\cdots (150)$$

なる量$SS$を計算し，ついで

$$DE = SS/(1 - EC \cos EX) \cdots\cdots (151)$$

から$DE$を計算する。そして改めて

$$EX = EX - DE \cdots\cdots (152)$$

と置きなおし，新しい$EX$量を設定する（これを「1次近似」とよぶ)。

この$EX$値を使って(150)にもどって，$SS$，$DE$を求める手順を繰りかえして，得られた$EX$量を「第2次近似」とする。これを繰りかえしていくと，$SS$も$DE$も目に見えて微小になっていく。つまり，$EX$量はある値に収斂するであろう。そこで適当な段階で「繰り入れ」を打ち切れば，ある誤差の範囲を許容した$EX$の終局値が得られる。パソコンの場合には

IF　ABS(SS)<$10^{-6}$　THEN　GOTO□とでも記入しておけば，$10^{-6}$のケタで計算を打ち切って，つぎの段階□に進むことができる。

**●演習1.**〔ケプラーの方程式〕$MA = 15°$，$EC = 0.8$として，$EX$を求めよ。

$MA = 15°$をラジアン表示すると，「0次近似」として，$EX = MA = 0.261799$，これを使って$SS = -0.207055$，$DE = -0.911096$。だから「1次近似」として，$EX = 1.172895 = 67°.2019$を得る。この値を使ってつ

ぎにすすむと，$SS = 0.173596$，$DE = 0.251584$。だから「2次近似」として，$EX = 0.921311 = 52°.7872$を得る。以下同様の繰り入れをして，「5次近似」として$EX = 0.876712 = 50°.2319$を得る。そして「6次近似」としては$EX = 0.876710 = 50°.2318$を得るから，このへんで打ち切ってもよかろう。念のため「ケプラーの方程式」(144)の左右辺に算入してみると$10^{-4}$まで一致している。この繰り入れ計算を自動的にやってくれるのがパソコンの特技なのである。

### 3.　周期彗星の位置計算

彗星は惑星とちがって，必ずしも黄道に沿って運行するわけではないので，その位置を黄道座標で示すメリットはすくない。だから，以下では赤道座標で表示することにする。両系間の変換は**第X章**の式を使えば自在に可能である。

いま，昇交点黄経$OMG$，近日点引数$SOMG$，軌道傾斜角$INC$，黄道傾斜角$OBL$をふくむ下の諸量をつくる。

$$\left.\begin{aligned} PX &= \cos SOMG \cos OMG - \sin SOMG \sin OMG \cos INC \\ PY &= (\cos SOMG \sin OMG + \sin SOMG \cos OMG \cos INC) \\ &\quad \times \cos OBL - \sin SOMG \sin INC \sin OBL \\ PZ &= (\cos SOMG \sin OMG + \sin SOMG \cos OMG \cos INC) \\ &\quad \times \sin OBL + \sin SOMG \sin INC \sin OBL \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (144)$$

$$\left.\begin{aligned} QX &= -\sin SOMG \cos OMG - \cos SOMG \sin OMG \cos INC \\ QY &= (-\sin SOMG \sin OMG + \cos SOMG \cos OMG \sin INC) \\ &\quad \times \cos OBL - \cos SOMG \sin INC \sin OBL \\ QZ &= (-\sin SOMG \sin OMG + \cos SOMG \cos OMG \cos INC) \\ &\quad \times \sin OBL + \cos SOMG \sin INC \cos OBL \end{aligned}\right\} (145)$$

さらに，軌道半長径$AX$，離心率$EC$をも参加させて，下の諸量をつくる。

$$\left.\begin{aligned} AXX &= AX \cdot PX, & BX &= AX\sqrt{1-EC^2}QX \\ AYY &= AX \cdot PY, & BY &= AX\sqrt{1-EC^2}QY \\ AZZ &= AX \cdot PZ, & BZ &= AX\sqrt{1-EC^2}QZ \end{aligned}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (146)$$

以上の諸量は軌道の形に関連した量であって，ある軌道については定数であ

る。

第6番目の軌道要素である「近日点通過日」(Epoch of Perihelion Passage)をユリウス通日 $JD$ で表示して，これに $EPO$ なる記号をつけておく。$EPO$ の前後に隔たる任意の日数を「$DAY$」とすれば，その日時の $JD$ は

$$JD = EPO + DAY \quad \cdots\cdots (147)$$

で表わされる。ここで，$DAY$ はプラス・マイナスの日数である（日の小数値をおくこともできる)。

$MU$ を「日日平均運動」量とすれば，軌道半長径 $AX$ との間には下の関係がある。

$$MU = \frac{0^\circ.9856076}{AX\sqrt{AX}} \quad \cdots\cdots (148)$$

ここで，$MU$ の単位は度(°)/day である。

始めにもどって，ある $JD$ における彗星の平均近点角 $MA$ は下式で定義される。

$$MA = MU * DAY \quad \cdots\cdots (149)$$

ついで，$MA$ から $EX$ を経て $TA$ 値に至る手順は **“2.”** ですでに説明した。しかし，以下では $EX$ のままで別の岐路に入ることにする。

彗星の日心赤道直交座標成分を $XX$，$YY$，$ZZ$ とすれば，それらは下式で与えられる。

$$\left.\begin{aligned} XX &= AXX(\cos EX - EC) + BX \sin EX \\ YY &= AYY(\cos EX - EC) + BY \sin EX \\ ZZ &= AYY(\cos EX - EC) + BZ \sin EX \\ RR &= \sqrt{XX^2 + YY^2 + ZZ^2} \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (150)$$

ここで，$RR$ は太陽・彗星間距離である。単位は天文単位。

同じ日時における太陽の真黄経 $SL$ を地心から見た太陽の赤経 $SRA$，同赤緯 $SDEC$ に換算する。ただし太陽の黄緯はつねにゼロである。

$$\left.\begin{aligned} \sin SDEC &= \sin OBL \sin SL \\ \tan SRA &= \cos OBL \tan SL \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (151)$$

ここで，$SRA$ と $SL$ とは同一象限値を採ること。いま，太陽の地心赤道直交座標成分を $SX$，$SY$，$SZ$ とおけば，

$$\left.\begin{aligned} SX &= SRR\cos SL \\ SY &= SRR\sin SL\cos SDEC \\ SZ &= SRR\sin SL\sin SDEC \\ SRR &= \sqrt{SX^2+SY^2+SZ^2} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (152)$$

ここで，$SRR$ は太陽・地球間距離である。単位は天文単位。

そこで彗星の地心赤道直交座標成分を $CX$，$CY$，$CZ$ とすると，それは上記の両系のベクトル和であるから，各成分は(150)と(152)を辺々相和すると

$$\left.\begin{aligned} CX &= XX+SX = DD\cos DEC\cos RA \\ CY &= YY+SY = DD\cos DEC\sin RA \\ CZ &= ZZ+SZ = DD\sin DEC \\ DD &= \sqrt{CX^2+CY^2+CZ^2} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (153)$$

ここで，$DD$ は地球・彗星間距離である。また，地心から見た彗星の赤経を $RA$，赤緯を $DEC$ とおけば，これらは

$$\left.\begin{aligned} \tan RA &= CY/CX \\ \sin DEC &= CZ/DD \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (154)$$

を計算して得られる。

ここでも $RA$ の象限決定には

IF CX<0　THEN　RA = RA+180°

IF CX>0 AND CY<0　THEN　RA = RA+360°　……………(155)

なる判別が必要である。

$DAY$ の値をプラス・マイナスといろいろにとって以上の計算を繰りかえしおこなえば，地心から見た彗星軌道の天球に投影した軌跡（赤経・赤緯）が表示される。

### 4.　彗星の光度

彗星は太陽光の輻射を受けてコマを生じ，さらに尾を生ずるにつれて，光度は複雑に増大するから，理論的に光度を予想計算することはむずかしい。そこで，彗星の太陽からの距離 $RR$ の $N$ 乗に逆比例するという実験式をもって近似することがおこなわれている。いっぽう，みかけの光度は地球・彗星間距離 $DD$ の 2 乗に逆比例するから，両者の合成としての彗星のみかけの光度等級

$BR$ は

$$BR = H + 5\log_{10} DD + 2.5N \log_{10} RR \cdots\cdots (156)$$

で表わせる。ここで，$H$ はその彗星の絶対光度等級といわれ，それは $DD = RR = 1$ AU の時の $BR$ にひとしい。この値は彗星固有の常数であり，観測からきめられる量である。

パラメーター $N$ の値は

$$\left.\begin{array}{ll} RR > 1\ \text{AU では} & N = 2 \\ RR \leqq 1\ \text{AU では} & N = 4 \\ RR \ll 1\ \text{AU では} & N = 6 \end{array}\right\} \cdots\cdots (157)$$

で近似される。つまり，始めは固体の反射のごとくであり，ついでコマを生じて反射量が大きくなり，さらに尾を出して反射量が激増することをあらわしている。$N$ の値は実際には観測をして実験的に決められる。1910年に出現したハレー彗星の場合，Ernst（1911）は当時の全観測データを整理して，$N = 5.4$ を得ている。いっぽう，カナダの Broughton（1975）はハレー彗星の過去の出現の情況を調べて

$$N = 4.6,\ H = 5^{m}.7$$

が適当だとしている。さらに，この論文ではハレー彗星の絶対光度 $H$ は過去の出現のいつでも不変であったと結論している。いまそれを信用するならば，ハレー彗星の光度を求める式は

$$BR = 5^{m}.7 + 11^{m}.5\log_{10} RR + 5^{m}\log_{10} DD \cdots\cdots (158)$$

で表わされる。この式を使って過去の出現時の予想光度を計算することができる。

**●演習1.**〔1759年のハレー彗星〕T. Kiang（1972）によれば，この時のハレー彗星の軌道要素は下のとおりであるという。

近日点通過日時：$EPO$ = 1759 Ⅲ 13.052 UT

日日平均運動：$MU$ = 46″.1216/day = 0°.01281135/day

軌道半長径：$AX$ = 18.0884 AU

軌道離心率：$EC$ = 0.967702

軌道傾斜角：$INC$ = 162°.3579

近日点引数：$SOMG = 110°.6158$（EPO 分点）

昇交点黄経：$OMG = 53°.7978$（　〃　）

$EPO$ におけるユリウス通日は $JD = 2363592^d.551999$ である。以下計算の途中経過を要約すると，

$AXX = 9.25727$，$AYY = -15.49851$，$AZZ = -1.13565$

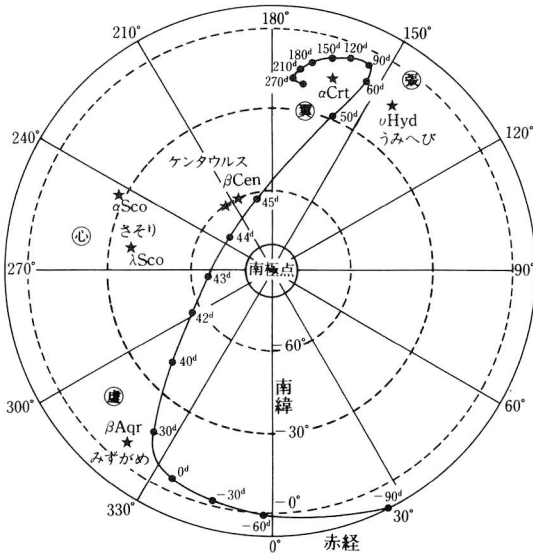
$BX = -3.75552$，$BY = -2.13633$，$BZ = -1.45810$

いま，１例として　$DAY = +44^d$ とおくと，

$MA = 0.01006216 = 0°.576519$,

$XX = -0.867544$，$YY = -0.561809$，$ZZ = -0.352387$,

$RR = 1.09199$ AU，$SL = 36°.441$,

$SX = 0.810560$，$SY = 0.548981$，$SZ = 0.238369$,

図XI-2　1759年のハレー彗星の経路（0$^d$ は1759 III 13.0に相当する）。

$SRR = 1.00758$ AU,

$CX = -0.056784$，$CY = -0.012828$，$CZ = = -0.114018$,

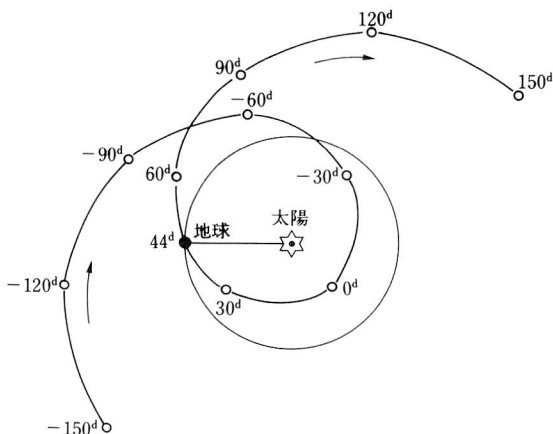
$DD = 0.128109$ AU

そして最後に

$$RA = 192^\circ.687,\ DEC = -62^\circ.875,$$

$$BR = +1^m.7$$

を得る。

以上のような計算を $DAY = -90^d$ から $+300^d$ まで適当な間隔でおこなうと，図XI-2に示すような天球上経路がわかる。図で見るとおり，この時のハレー彗星は南極のあたりを通ったことになる。いま，太陽と地球とを固定して考え，両者に相対的なハレー彗星の軌跡をつくると図XI-3の

図XI-3　1759年のハレー彗星の相対的空間運動。

ようになる。この図はそれぞれの時点での $ELO$ と $DD$ とを知ればプロットできる。この図で見ると，$DAY = +44^d$ のころに，ハレー彗星は地球とほとんど衝突をしたように見えるが，上の計算でもわかるとおり，$CZ = -0.114018$ AU なのだから，彗星はこのとき地球の南方0°.11 AU のへんを通過していたわけである。

**●演習2.** 〔古代のハレー彗星〕−239 V～，秦始皇7年，彗星まず東方に出づ。北方にあらわれ，5月西方にあらわれる。……彗星また西方にあらわれること16日（史記・秦始皇本紀）

秦始皇7年，彗星北方・西方にあらわる（史記・六国年表）

これはハレー彗星についての確実な最古の記録と認められている。ヨーマンズ・キャン（1981）の論文によれば，この回帰のときの軌道要素は下のとおりだという。

近日点通過日時：*EPO*　−239 V　$25^d.11796$ ET

（そのユリウス通日 *JD*　$1633907^d.61796$）

近日点距離：*QQ*　0.5853647 AU

軌道離心率：*EC*　0.9675871

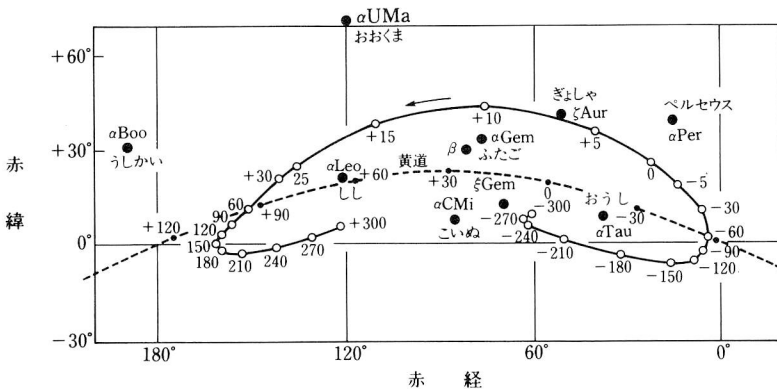
（公転周期：*P*　$76^y.75$）

近日点引数：*SOMG*　88°.09919(1950.0分点)

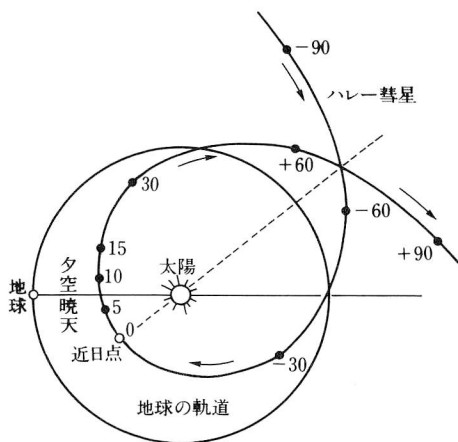
昇交点黄経：*OMG*　30°.09811(　〃　)

軌道傾斜角：*INC*　163°.46207(　〃　)

図XI-4は近日点通過日時*EPO*を$0^d$として，$-300^d$から$+300^d$までのハレー彗星の赤経・赤緯値を示したものである（−239年分点座標）。

このうち，*DAY* = $0^d$，$+5^d$，$+10^d$，$+15^d$のへんで彗星の天球上の移動

**図XI-4　-239年出現のハレー彗星の天球上軌跡（近日点通過日 EPO を-239 V 25として，この日を$0^d$としてある）。**

が激しいのは，このころ彗星が地球のごく近くを通過したからである。彗星は赤緯40°あたりの北天のふたご座からしし座にかけて移動していた。図中の破線は太陽の軌跡（黄道）を表わしている。このころ，太陽もハレー彗星もともに東進中であったが，＋８日ごろに彗星は太陽を右（西）から左（東）へ追い抜いた。

図XI-4をもっとわかりやすく，太陽と地球とを固定して，両者に相対的なハレー彗星の運動を示したのが図XI-5である。この図でわかるよう

**図XI-5　-239年に出現したハレー彗星の太陽・地球に相対的な軌跡（黄道面に投影したもの）。**

に，ハレー彗星は$DAY$＝＋８日ごろ（Ⅵ2ごろ）に，地球と太陽を結ぶ線分の下から上へ横切った。これは観測者から見て彗星が太陽の西がわ，つまり暁の東天から太陽の東がわ，つまり夕方の西天に移って見えたことを意味する。その途中で太陽の北20°ほどのあたりを通過していたが，この時はハレー彗星は「伏」の状態にあって，前後数日間は実視できなかった。

ここで，「秦始皇本紀」の本文にもどろう。「彗星はまず東方に出て，ついで北方へまわり，そのあと太陽とかさなって見えなくなった。そして旧暦５月，太陽暦６月10日ごろ，ふたたびその姿を西天にあらわした」とあり，記録と推算とはピタリと一致する。

### 5.　放物線軌道の彗星

彗星の多くは一過性であり，回帰することがない。一過性の彗星の軌道としては，理論的には放物線軌道と双曲線軌道とがある。しかし近年の定説としては，双曲線軌道の彗星は実在しないとされている。放物線軌道とすると，$AX = \infty$，$MU = 0$，$EC = 1.0$となって，本章の**1.**で述べた諸式はみな通用しない。ただし，近日点距離$QQ$だけは（141）式の右辺が

$$QQ = \infty \times 0$$

の形となり，値が不定のようであるが，実はこれには有限値があり，これが軌道要素の1つに加えられる。つまり，放物線軌道彗星の軌道要素は$EPO$，$QQ$，$INC$，$SOMG$，$OMG$の5個となる。

平均近点角$MA$は

$$MA = \frac{DAY}{QQ\sqrt{QQ}} \cdots\cdots (159)$$

で表わせる。ここで$DAY$は日の単位，$QQ$はAUを単位とする。

$MA$を知ったなら，つぎの式によって$N$を計算する。

$$N = \frac{MA^\circ}{82.2117} \cdots\cdots (160)$$

いま，

$$S = \tan(TA/2) \cdots\cdots (161)$$

とおくと，$N$と$S$との間には下の関係式がある。

$$N = S(1+S^2/3) \cdots\cdots (162)$$

この式を使って，$N$を知って$S$を求めるのである。これは$S$の3次方程式であるから代数的に解けるであろうが，下にのべるような漸近法を使う方が便利である。

まず「0次近似」として，$S = N$とおき，ついで$i = 1,2,3,\cdots$の順に

$$S_{i+1} = \frac{N + \frac{2}{3}S_i^3}{1+S_i^2} \cdots\cdots (163)$$

を繰り入れ計算をすると，$S_i$は次第に一定値に近づく。その最終的な$S$値を得たら，これを使って（161）から真近点角$TA$を求めればよい。

または

$$F = 1 - S^2 \quad \cdots\cdots (164)$$

とおけば，彗星の日心赤道直交座標成分 $XX$，$YY$，$ZZ$ は

$$\left.\begin{aligned} XX &= QQ(PX \cdot F + 2QX \cdot S) \\ YY &= QQ(PY \cdot F + 2QY \cdot S) \\ ZZ &= QQ(PZ \cdot F + 2QZ \cdot S) \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (165)$$

で与えられる。これ以下は**“3.　周期彗星の位置計算”**の途中に介入してすすめればよい。

**●3.**　〔Klinkenberg 彗星(1744)〕

延享元年2月5日（1744 Ⅲ 18）夜，子上刻，天中央より少し西の方へ，⊠かくの如き星現わる。嘉瑞なりという（武江年表)。

これはクリンケンベルグ彗星といわれ，$EC = 1.0$ の放物線軌道の大彗星であった。軌道要素は下のとおり。

$EPO = 1744$ Ⅲ 1.840 UT

$OMG = 45°.67$（1744分点）

$SOMG = 151°.48$

$INC = 47°.14$

$QQ = 0.2222$ AU

図XI-6は $DAY = -300^d$ から $+300^d$ までこの彗星の天球上軌跡をプロットしたものである。日本での初見は寛保3年11月5日（1743 XII 20）であった。

$EPO = JD\ 2358102.^d945277$,

$PX = -0.846314$, $PY = -0.507745$, $PZ = 0.161081$,

$QX = 9.38767 \cdot 10^{-2}$, $QY = -0.439828$, $QZ = -0.893162$,

いま1例として $DAY = +10^d$ とすると，

$S$ 値は漸近法で，$S = 0.9390306 \rightarrow 0.9104829 \rightarrow 0.910068 \rightarrow 0.910068$

と収斂する。

ついで

図XI-6　Klinkenberg（1744）彗星の赤道座標軌跡。

図XI-7　Klinkenberg（1744）彗星のスケッチ（ド・シェゾーによる）。

$XX = 5.664 \cdot 10^{-3}$, $YY = -0.19726$, $ZZ = -0.35507$,

$RR = 0.40623$, $TA = 84°.6088$,

かくて $DAY = +10^{d}$ の時点での彗星の赤経・赤緯は

$RA = 341°.22$, $DEC = -21°.69$

を得る。同様の計算を $DAY = -300°$ から $+300^{d}$ まで繰りかえすと，図XI-6が得られる。

光度は計算からはわからないが，この彗星は6本の長い尾をなびかせた大彗星でりっぱな写生図（図XI-7）が残っている。

# XII　古代の恒星位置

恒星の天球上の位置は，一般歳差（General Precession）と固有運動（Proper Motion）のために，長年的に大きく変化するから，古天文学の計算には重大な問題である。いっぽう，章動・光行差・年周視差などはどれも少量であり，しかも年周的変化であるから，年代とともに増大はしないので，古天文学では問題とならない。

いま，A.D. 1900分点の星表を使って，任意の年 $Y$ における恒星の天球上位置を計算する。星表として，たとえば Yale 大学天文台発行の "The Bright Star Catalogue"（第4版，1982）の場合は，A.D. 1900.0分点座標での実視恒星の赤経 $RA$，赤緯 $DEC$，固有運動の赤経成分 $V1$，同赤緯成分 $V2$ などを与えているから，これを例にとることとする。1900とは別の分点を使った星表でも，読みかえによって原理的には同じやり方でよい。

## 1.　第1法

星表から A.D. 1900.0における恒星の赤経値 $RA = H^h M^m S^s$，赤緯値 $DEC = D°N'W''$，固有運動の赤経成分 $V1$，同赤緯成分 $V2$を読みとる。Yale 星表では，$V1$，$V2$の値は秒(″)/y の単位で与えてあるが，星表によっては，秒($^s$)/y で示してあるものもあるから，この点に注意を要する。

まず，古代の $Y$ 年における恒星位置を計算するには，まず

$$T = Y - 1900,\quad C = T/100 \qquad (166)$$

とおく。ここで，黄経方向の歳差成分は1年あたり$+0°.014$ほどであるから，$Y$ は小数まで考える必要は少ない（小数まで考える場合は B.C. 年には注意を要する。たとえば B.C. 100 II では $Y = -98^y.9$とおくこと）。

つぎに，1900年の赤経・赤緯値はどちらも度(°)単位に換算し，同時に $T$ 年

分の固有運動の補正を入れてしまう。下のとおりである。

$$\left.\begin{aligned} RA(1900) &= 15(H+M/60+S/3600)+V1\cdot T/3600/\cos DEC \\ DEC(1900) &= D+N/60+W/3600+V2\cdot T/3600 \end{aligned}\right\} \quad (167)$$

上の第1式で，右辺の cos *DEC* 項は固有運動の実長 ″/y を赤経換算をするための細工である。固有運動が s/y 単位で与えている星表なら，cos *DEC* は不用である（その代りに，$^s$単位を ″単位にしておく）。

つぎは **“X　座標の変換”** の中で与えた式を使って *RA*(1900)，*DEC*(1900) を *LAM*(1900)，*BET*(1900)に変換する。この際

$$OBL(1900) = 23^\circ.452$$

を採用する。

さて，

$$\left.\begin{aligned} P1M &= 0^\circ.01396+3^\circ.083\cdot 10^{-6}C \\ P2M &= 1^\circ.308\cdot 10^{-4}-9^\circ.7\cdot 10^{-8}C \\ PPM &= 173^\circ.951+0^\circ.4564C \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (168)$$

また

$$\left.\begin{aligned} AA &= P1M\cdot C\cdot 100 \\ BB &= P2M\cdot C\cdot 100 \\ CC &= 180^\circ-PPM+AA/2 \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (169)$$

とおけば

$$\left.\begin{aligned} BET(Y) &= BET(1900)+BB\sin(LAM(1900)+CC) \\ LAM(Y) &= LAM(1900)+AA-BB\cos(LAM(1900) \\ &\qquad +CC)\tan BET(1900) \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (170)$$

によって，任意の年 *Y* における黄経値 *LAM*(*Y*)，黄緯値 *BET*(*Y*)が得られる。

さらに，これらを赤経値 *RA*(*Y*)，赤緯値 *DEC*(*Y*)に換算したければ

$$OBL(Y) = 23^\circ.452-1^\circ.30125\cdot 10^{-2}C \cdots\cdots (171)$$

を使って赤道坐標値に換算すればよい。

## 2.　第2法

この方法は第1法よりも厳密な方式である。第1法の記述の中で，*RA*(1900)，*DEC*(1900)の式のつぎに，下の諸パターンを介入させる。

$$\left.\begin{aligned} ZETA0 &= (2304''.25C+0''.302C^2+0''.018C^3)/3600 \\ ZED &= ZETA0+0''.791C^2/3600 \\ THETA &= (2004''.68C-0''.426C^2-0''.042C^3)/3600 \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (172)$$

上記で，$ZETA$ はギリシャ文字 $\zeta$，$THETA$ は同じく $\theta$，そして $ZED$ はローマ字の $Z$ のパソコン記号である。

こうすると，任意の年 $Y$ における赤経値 $RA1(Y)$，赤緯値 $DEC1(Y)$ は下式で与えられる。

$$\sin DEC1(Y) = \cos THETA \sin DEC(1900) + \sin THETA \cos DEC(1900)\cos(RA(1900)+ZETA0) \cdots\cdots (173)$$

$$\tan(RA1(Y)-ZED) = \{\cos DEC(1900)\sin(RA(1900)+ZETA0)\} / \{\cos THETA \cos DEC(1900)\cos(RA(1900)+ZETA0) - \sin THETA \sin DEC(1900)\} \cdots\cdots (174)$$

ここで $RA1(Y)$ と $RA(1900)$ とは同一象限内または互いに近接した値をとるように留意すべきである。これらを必要ならばさらに黄経値 $LAM1(Y)$，黄緯値 $BET1(Y)$ に換算すればよい。

---

**●演習1.**　〔アンタレスの古代位置〕$Y=-600$年におけるアンタレスの位置を求めよ。

Yale 大学天文台星表によれば，Antares( $\alpha$ Sco) の1900.0における諸元は

$$RA(1900) = 16^h 23^m 16^s.4$$
$$DEC(1900) = -26° 12' 36''$$
$$V1(1900) = -0''.007/y$$
$$V2(1900) = -0''.032/y$$

である。$Y=-600^y$ に対する位置は，

第1法を使うと，$LAM(1900)=248°.368$，$BET(1900)=-4°.540$，$C=-25$，$OBL(-600)=23°.777$，$LAM(-600)=213°.670$，$BET(-600)=-4°.230$，$RA(-600)=209°.846$，$DEC(-600)=-16°.883$を得る。

第2法を使うと，$ZETA0 = -16°.027$，$ZED = -15°.890$，$THETA = -13°.813$，$LAM(-600) = 213°.671$，$BET(-600) = -4°.226$を得る。

第1，第2法の最終結果を比較すると，小数3ケタ目でいくぶんの相違が見られる。どちらを採るかといえば，第2法の方が正しいといえる。いずれにしても，簡単な計算だから両方法を併用して，両法の結果の一致を確かめておいた方がよい。

### 3. 北極星の変遷

現在われわれが「北極星」と呼んでいる星は，こぐま座の主星 α UMi($2^m.0$)である。これは天球上の真の北極点にあるわけではなく，現時点では真の北極点から0°.85ほど離れたところにある。この値は，天球の歳差運動と α UMi の固有運動とのために，毎年少しずつ変化する。本章**1.**，**2.**の式を使って，過去・現代・未来にわたって α UMi の北極距離を計算してみよう。

1900.0における α UMi の初期値として，

$$RA(1900) = 1^h\,22^m\,33^s.7,\quad DEC(1900) = +88°\,46'\,26'',$$

$$V1 = +0''.046/y,\quad V2 = +0''.001/y$$

を採る。

第1法と第2法を使って任意の年 $Y$ における $DEC(Y)$を求めると，下式

$$北極距離 = 90° - DEC(Y)$$

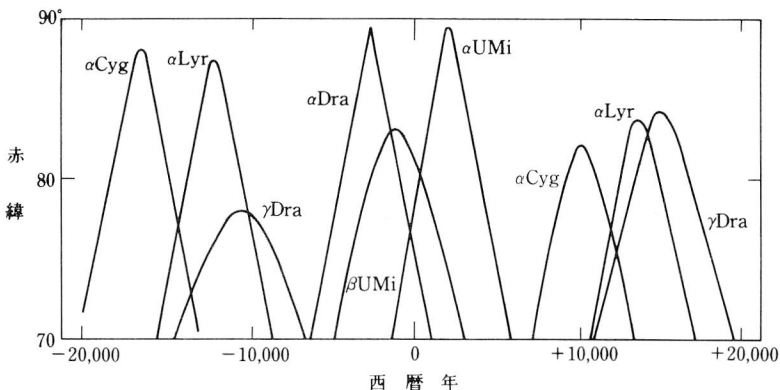
から α UMi の北極距離が計算できる。それは下表のごとくである。

| 年代 | α UMi の北極距離 | |
|---|---|---|
| ($Y$) | 第1法 | 第2法 |
| −4000 | 32°.08 | 32°.01 |
| −3000 | 27°.42 | 27°.38 |
| −2000 | 22°.44 | 22°.42 |
| −1000 | 17°.19 | 17°.19 |
| 0 | 11°.76 | 11°.76 |
| 1000 | 6°.21 | 6°.21 |
| 2000 | 0°.74 | 0°.74 |
| 3000 | 5°.05 | 5°.05 |
| 4000 | 10°.56 | 10°.56 |

この表を通覧すると，αUMi の北極距離が年代とともに大きく変化していることがわかる。古代に遡ると，両法の結果がいくぶん相違して出るが，前にのべたとおり，第２法の値が正しい。もっとも，古天文学以外の分野ではどちらをとっても通用するであろう。

同表をみると，αUMi は A.D. 2100年ごろに真の北極点に最も接近して，その北極距離は0°.46ほどになる。また，−4000年ごろの αUMi は真の北極点から32° も離れていたから，とうてい北極星の役は果せなかった。しかし，その後次第に北極点に近づいてきて，日本の飛鳥時代（A.D. 600〜700）には8°.16ほどになっている。これでもあまり上等な北極の指針とはいえないであろう。

古代にあっては，それぞれの時代に合った北極星が存在していたのである。たとえば，−1,000年ごろの中国では勾陳第１星，別名を「帝星」という星が北極星の代用になっていた。これは今日の βUMi (2.ᵐ1) のことである。また，−3000年ごろのエジプト王朝時代にはりゅう座の主星 αDra(3.ᵐ6) が，北極星の役をしていた。この星は中国名を「右樞」といった。検算をすると，−2800年ごろの αDra の北極距離は0°.17ほどであるから，現在の北極星 αUMi よりも優れた北極星であった。

さらに時代を遡らせて−12,000年ごろを考えると，こと座の主星 αLyr(0.ᵐ0) が北極星であったし，−17,000年ごろにははくちょう座の主星 αCyg（1.ᵐ3）がその位置にあった。図XII-1は−20,000年から＋20,000年までの間に，北極

図XII-1　現在の北極星は αUMi であるが，−20,000年から＋20,000年までの間のある時期に，北極星であり得た星ぼしは αCyg，αLyr，αDra などである。

星の役目を果たしたと思われる明るい星の赤緯値の消長を図示したものである。図に見るとおり，はるかな過去において北極星でありえた星ぼしはαCyg, αLyr, αDraなどであった。これらは歳差の周期26,000年ののちにはふたたび北極星候補として登場してくるけれども，その時には固有運動のため星の位置が移動していて，その北極距離は前回の時とはだいぶ変っている。

いずれにしても，現在の北極星αUMiを見送ったあとは，当分のあいだ優秀な北極星候補は見当らないのである。

## 4. 南極老人星

北極星を挙げたついでに，南極老人星にもふれておこう。この星はりゅうこつ座の主星αCar($-0.^m7$)のことで，固有名をカノープス（Canopus）といい，恒星の中ではシリウスに次いで全天第2の輝星である。天球上シリウスよりさらに南方にある。北半球の中緯度の土地でこれを見ると，秋分のころの明方，または冬至のころの深夜，または春分のころの夕方に，南の地平線ギリギリのところに2時間くらい姿を現わす。そして春から秋にかけては昼間に出現するので，この星を見ることはできない。

『史記』「天官書」に，

「狼(シリウス)よりも地に近いところに大星があり，南極老人という。老人現わるれば治安，現われざれば兵起こる。常に秋分時をもってこれを南郊に候(うかが)う。」

とある。太古から中国では，この星が見えると「寿を益(ま)す」といって，宮中では祝宴を催した。そして日本・朝鮮にも同様な記録がある。もっとも，南半球へいけば，カノープスは空高く輝いて見えるから，別段珍しい星ではなくなる。

A.D. 1900.0年におけるαCarの初期値を，

$RA(1900) = 6^h\,21^m\,43.^s9$

$DEC(1900) = -52°\,38'\,27''$

$V1 = +0''.026/y$, $V2 = +0''.022/y$

とする。第2法を使って，αCarの赤経・赤緯値を計算すると，下表のようになる。

この表をよく見ると，AD 950年ごろに，老人星の赤緯値は極大（$-52°.388$）

| 各年代のカノープスの赤経・赤緯 | | |
|---|---|---|
| 年代 | *RA* | *DEC* |
| −4000 | 66°.06 | −58°.35 |
| −3000 | 70°.21 | −56°.27 |
| −2000 | 74°.82 | −54°.59 |
| −1000 | 79°.63 | −53°.23 |
| 0 | 85°.04 | −52°.61 |
| +1000 | 90°.46 | −52°.39 |
| 2000 | 95°.99 | −52°.70 |
| 3000 | 101°.55 | −53°.54 |
| 4000 | 107°.07 | −54°.90 |

に達する。つまり，北半球中緯度地帯から見るとして，最も地平高度が高く，見易い状態になっていたことを知る。

●**演習2.**　〔老人星〕藤原兼実の日記『玉葉』に，「正治２年２月４日庚申（1200Ⅱ19)，天晴れ，…南の極(きわみ)，山峰に迫りて，一星あり。もしくはこれ老人星か。瑞というべきか。」
とある。この頃のカノープスは赤経 $RA = 91°.56$，赤緯 $DEC = -52°.41$ にあった。当夜の京都で，この星が南中するのは，A.D. 1200Ⅱ19，19：44 LMT であった。この時の老人星の高度としては

$$90°-52°.4(\text{星の赤緯})-35°.0(\text{京都の緯度})+0°.2(\text{大気差}) = +2°.8$$

を得る。藤原兼実が当夜京都市内で南の山峰に迫って見えた星とは確かにカノープスであったろう。

## 5.　シリウスの初見

大空に見える星ぼしは，これに太陽がある程度近づくと，散乱光の中に没して実視が困難になる。これを中国では古くから「伏」といった。「伏」の期間がすぎて，太陽が東へ去るにつれて星はふたたび見えてくる。すなわち，日出前の東天に，太陽に先がけて薄明光の中にそれは姿を見せる。この現象は１つの恒星については１年間に１回おこる。これを恒星の「日出前初見」または簡

単に「初見」(heliacal rising) という。

金星の場合は，太陽離角 $ELO = 8°$ のあたりで初見または伏がおきる。星の光度が弱いと，初見・伏になる太陽離角は大きくなる。黄道から遠くはなれた恒星にあっては，その星が地平線上に昇るときの太陽との方位差によっても左右される。本項ではシリウスの初見について調べる。

古代エジプトでは，夏至のころの日出前の東天に，シリウス (Sirius, $\alpha$ CMa) が「初見」した日をもって１年の始めとしていた。この時，太陽は地平線下 9°のへんにあった。この日から数えて一定数日の後にナイルは増水し，その流域を水びたしにし，減水したあとに肥沃な土壌を残したという。エジプト農業にとって，シリウスの初見は生活上の最大関心事であった。

古代エジプト王朝の首都メンフィス (Memphis, $LON = 31°.2$, $LAT = 29°.9$) を観測地とし，太陽の伏角が9°.0で，同時にシリウスが地平線上に昇るような年月日時を計算してみよう (この計算は，星の常数を変えれば，他の星の場合にも通用する)。

図XII-2において，S1を太陽とし，その赤経・赤緯を $A1$, $D1$とする。また，シリウスを S2とし，その赤経・赤緯を $A2$, $D2$とする。年月日時を与えれば $A1$, $D1$は **“III　太陽”** の式と **“X　座標の変換”** の式を使って求められる。$A2$, $D2$は本章の1., 2.の項の式を使って求められる。また，その土地の地方恒星時 $LST$ は**第II章 4. 恒星時**の式を使って求められる。

この時の太陽の時角を $HA1$，シリウスの時角を $HA2$とすれば，それらは下式により求められる。

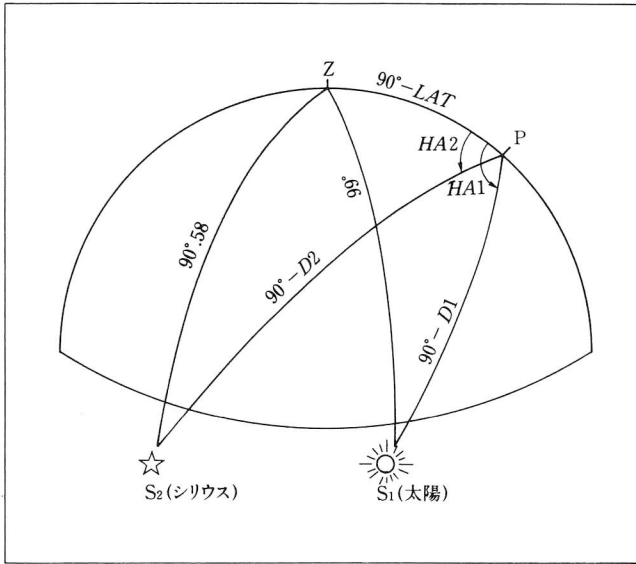
$$HA1 = A1 - LST, \quad HA2 = A2 - LST \cdots\cdots (175)$$

ここで，時角は子午線から東へプラスと考えてある。上式がマイナス値となったら，$24^h$ (または360°) を加えてプラス値にしておくとよい。

このとき，太陽の天頂角を $ZS1$，シリウスの天頂角を$ZS2$とすると，それらは下式から求められる。

$$\left.\begin{aligned} \cos ZS1 &= \sin LAT \sin D1 + \cos LAT \cos D1 \cos HA1 \\ \cos ZS2 &= \sin LAT \sin D2 + \cos LAT \cos D2 \cos HA2 \end{aligned}\right\} \cdots (176)$$

シリウスが地平線に昇ったときの実際の天頂角は大気差を考慮に入れて，

$$ZS2 = 90°.58$$

図XII-2　シリウス初見のための説明図。

とし，その時に太陽は地平線下9°.0にあるとすれば,

$ZS1 = 99°.0$

このようになる$Y$，$M$，$D$，$H$を求めるのが，本項の課題である。以下は演習をもって説明する。

**●演習3.**〔シリウス初見〕−2476 VIIごろにおこるシリウス初見の日時を求めよ。

1900.0におけるシリウスの初期値は

$RA(1900) = 6^h\,40^m\,44.^s6$

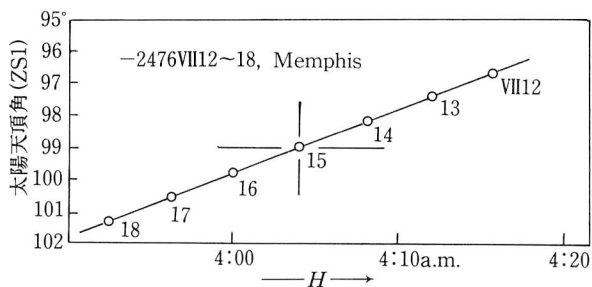
$DEC(1900) = -16°\,34'\,44''$

$V1 = -0''.545/\mathrm{y}$，$V2 = -1''.211/\mathrm{y}$

本章**1.**，**2.** を使って，−2476年の位置は

$RA(-2476) = A2 = 52°.308$

$DEC(-2476) = D2 = -20°.756$

いま$M = 7$とし，$A2$，$D2$，$LON$，$LAT$，$ZS2 = 90°.58$を既知として，VII

図XII-3　エジプトのメンフィスにおけるシリウスの初見は−2476 VII 15, 4ʰ04ᵐa.m.L.M.T. であった。

月中のいくつかの日($D$)について，上式を満足するような時刻（$H$）を求める。この$H$値を使って$TS1$を求める。図XII-3はVII13からVII18まで計算したときの$ZS1$と$H$との関係である。これから，$ZS1 = 99°.0$になるような$H$値を探すと，$D = 15$，$H = 4:04$が得られる。すなわち，−2476 VII 15, 4:04メンフィス平均時にシリウスは初見したことになる。

# XIII　星食と犯合

月は周期27ᵈ.3をもって天球を一周する。これを1恒星月という。一周する間に行路上にある恒星・惑星（ときには彗星も）を掩蔽し（これを「星食」という），または異常接近をする。古代においては，接近の度合によって呼び方が異なり，「7寸」（0°.7）以内に接近する場合を「犯」といい，0°.7以上のゆるい接近を「合」といった。食・犯・合はいずれも天変であり，なかでも食は最も重大な天変であった。

『史記』「天官書」に

〃月歳星（木星）を食すれば，その宿地は饑もしくは亡。熒惑（火星）なれば乱，塡星（土星）なれば下が上を犯す。太白（金星）なれば国を強めてもって戦敗す。辰星（水星）なれば女乱となる。大角（α Vir）を食すれば主命者これをにくみ，心（α Sco）なればすなわち内賊の乱となり，列星（恒星）なればその宿地憂う。」

とある。

天上の星ぼしには地上の支配階級が対応して，天王星・太子星・女主星・大将星などの区別があり，それらが食・犯を起こすと，その階級にある人に災厄が及ぶと見られた。古代の天文官（星官）はこれらの天変を注意ぶかく見張っており，天変発生の場合は密かに内裏に奏上した。これらの報告は後世になって正史編纂の際に記録として採用されて今日まで残った。

さて，地球上の任意の地点で，任意の年月日時における月の視位置は“**IX　月**”の位置計算の中の諸式をつかって求められる。また，食犯をされる恒星の位置は“**XII　古代の恒星の位置**”の中の諸式を使って求められる（または本書巻末の附録1.「黄道帯恒星表」に掲げてある星ならばこれを使って簡単に内挿法で値が読みとれる）。惑星の場合は，IV章からVII章までのそれぞれの章の中の

諸式を使ってその位置が得られる。そこで，月星の相対位置を算出すれば食犯の有無またはその程度がわかる。下では，例題を使ってそれを説明しよう。

**●演習1.**　〔アルデバランの食〕640 Ⅲ 4，舒明天皇12年 2 月甲戌(7日)，星月に入れり（日本書紀23）

すでに「まえがき」にも紹介したが，これはわが国における最古の星食記録である。記事の年月日はユリウス暦の640 Ⅲ 4 に当たり，観測地は奈良の飛鳥京（$LON = 135^\circ.8$，$LAT = 34^\circ.5$）とする。この日の夜におけるいくつかの時刻について，月の視黄経 $LAM2$，視黄緯 $BET2$ を計算する。その中心位置を星図上にプロットすると，月の行路上に Aldebaran( α Tau) があることがすぐにわかる。すなわち「星月に入れり」という「星」とはアルデバランであった。

640 Ⅲ 4，$20^h$ LMT についての各量の計算経過は下のとおり。

$JD = 1954880.^d95611$

$ML = 56^\circ.3344$，$SL = 346^\circ.958$

$ST = -1^\circ.0265$，$ML$(摂動補正後) $= 55^\circ.3078$，

$LST = 6^h.9982$，

$LAM = 51^\circ.132$，$TB = -5^\circ.243$（地心位置）

$LAM1 = -0^\circ.7096$，$TB1 = -0^\circ.2352$，

$LAM2 = 50^\circ.4229$，$BET2 = -5^\circ.4785$(視位置)

$MS$(月視半径) $= 0^\circ.251$，

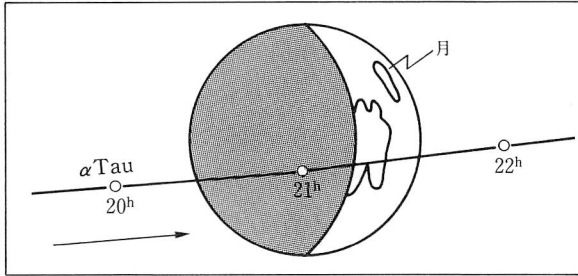
$MP$(月相) $= 63^\circ.46$，$\cos MP = 0.446$

いっぽう，アルデバランの A.D. 640における黄経・黄緯は **“XⅡ　古代の恒星位置”** の方式を使って求められる。それは，

$LAM = 50^\circ.84$，$BET = -5^\circ.56$ である。

同夜の$20^h$，$21^h$，$22^h$ について上と同様の計算をおこなうと下のごとき表ができる。

| 640 Ⅲ 4 | 20h | | 21h | | 22h | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 月 | 50°.42 | −5°.48 | 50°.83 | −5°.50 | 51°.28 | −5°.53 |
| α Tau | 50. 84 | −5. 56 | 50. 84 | −5. 56 | 50. 84 | −5. 56 |
| ( α Tau−月) | +0°.42 | −0°.08 | +0°.01 | −0°.06 | −0°.44 | −0°.03 |

この表で最下行は月心に対するαTauの黄経差・黄緯差を示している。この時の月の視半径$MS$は0°.25，月相$MP$は63°などは図を描くときに必要な量である。図XIII-1はこれを図示したものである。まず，この表の数値

図XIII-1　「舒明天皇12年2月甲戌（640 III 4），星月に入れり」（日本書紀23）はアルデラバン（αTau）の星食であった。

を方眼紙上にプロットする。この際，方眼紙上の縮尺は0°.1を1cmの割にするとよい。$MS$値を使って月の輪廓を描いてから，星の行路との交点を前後の時刻で按分すれば，星の潜入・再現の時刻がわかる。この夜のアルデバランは飛鳥地方平均時で20：28に月体東がわの暗い縁に潜入し，月心の南0°.08のへんを貫いたのち，21：35に月の西がわの明るい縁から再現したことになる。

図式解法ではなく，数値的に接触時刻を求めるには，下のとおりにやるとよい。

月心の見かけの黄経・黄緯（$LAM2$，$BET2$）と星の黄経・黄緯（$LAM$，$BET$）を，いろいろの時刻（$H$）について知れば，それぞれの時刻における中心距離$L$は下式から計算される。

$$L^2 = (LAM2-LAM)^2+(BET2-BET)^2, \quad \cdots\cdots(177)$$

いま

$$PP = L^2-MS^2 \quad \cdots\cdots(178)$$

なる量を考えると，

(1)　$PP = 0$は星の潜入または再現の瞬間である。

(2)　$PP<0$は星が月面の裏側にあって，星食中である。

(3) $PP>0$は星が月体の外にある時である。

だから，$PP$ 値を時間軸に対して図示して，$PP=0$になる時刻（$H$）を読みとれば，詳しい接触時刻が求められる（もっともこの手続きをとるよりも，必要なら$H$をこまかく演算して内挿した方が結果が早く得られるであろう）。

この夜のアルデバランの星食は中国・朝鮮には対応する記録がないから，日本独自の観測であった。いま，この星食を中国の洛陽（$LON=112^\circ.4$, $LAT=34^\circ.8$）で見たとすれば，洛陽平均時の18：14に潜入し，19：37に再現していたはずである。食分は飛鳥京で見たのと大差ない。

両地における潜入・再現の時刻の間に，2時間以上のちがいがあるのは，

(1) 食影の地上進行による時間のおくれ，

(2) 両地間の地方時の差（時差）

が相和したためである。ちなみに，中国ではアルデバランのことを「畢（ひつ）大星」と呼んでおり，畢（ひつ）大星については，たくさんの星食記録を残している。

**●演習2.** 〔火星の食〕B.C. 357 V 4，$21^h$ ごろ，アテネにおいて月が火星を掩った。

これは，すでに「まえがき」で紹介ずみのものであるが，ショッホの「惑星表」（1927）のp. 19に例示している記録で，その出典は明らかでない。アリストテレスの記録といわれており，図Ⅰ-2にその模様をすでに紹介してある。ここではその星食の計算経過を述べる。

アテネの経度・緯度は，$LON=23^\circ.7$，$LAT=38^\circ.0$として，当夜の$19^h$ LMTにおける諸量を下に掲げると，

$JD=1571153.^d2258$, $SL=38^\circ.7942$,

月については，

$ML=116^\circ.5939$, $ST=0^\circ.6931$,

$ML=117^\circ.2870$(補正後), $LST=9.^h5289$,

$LAM=121^\circ.975$, $TB=2^\circ.21548$(地心位置),

$LAM1=-0^\circ.1592$, $TB1=-0^\circ.3118$

$LAM2 = 121^\circ.816$, $BET2 = 1^\circ.903$(視位置)

$MS = 0^\circ.2523$, $MP = 83^\circ.02$。

火星については,

$ML = 169^\circ.14968$, $PNL = 292^\circ.8768$,

$MA = 236^\circ.2728$, $OMG = 30^\circ.9550$,

$LAM = 122^\circ.163$, $BET = 1^\circ.6879$,

$BR = 0^m.99$。

火星についてはすでに**第VI章の演習2.** に計算が示されている。同じ計算を$19^h$, $20^h$, $21^h$についておこなうと,下表を得る。

| −356 V 4 | $19^h$ | | $20^h$ | | $21^h$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 月 | 121°.82 | 1°.90 | 122°.17 | 1°.79 | 122°.55 | 1°.67 |
| 火星 | 122. 16 | 1. 69 | 122. 18 | 1. 69 | 122. 20 | 1. 69 |
| (火星−月) | +0°.34 | −0°.21 | +0°.01 | −0°.10 | −0°.35 | +0°.02 |

月の視半径は $MS = 0^\circ.25$, 月相は $MP = 83^\circ$, 火星の光度は $BR = +1^m.0$であった。図I-2から時刻を内挿すると,火星の潜入はV4, 19:24, 再現は20:44であった。火星は月心の北0°.10のへんを貫通していた。

**●演習3.** 〔金星の食〕679 VIII 10, 新羅文武王19年夏6月, 月太白を掩う(三国史記・新羅本紀)

これは古代朝鮮の星食記録である。原文に日付を欠くので,やや不確実な天文史料であるが,新羅文武王19年の6月とは,679 VII 13から翌月 VIII 11までの30日間のことである。月金の犯合は1ヵ月に1回しか起こらないから,試行錯誤の計算をおこなった結果, VIII 10, $4^h$ am ごろ,金星(光度$-3^m3$)が月に隠されたことがつきとめられた。観測地は,新羅の首都・慶州($LON = 129^\circ.2$, $LAT = 35.8$)としてよかろう。計算の経過は下のとおり。

1例として, VIII10, $4^h$ LMT についてのべると, $JD = 1969283^d.30777$,

$SL = 138^\circ.918$,

月については,

$LAM2 = 113°.477$, $BET2 = 0°.3343$,

$MS = 0°.2559$, $MP = 334°.56$,

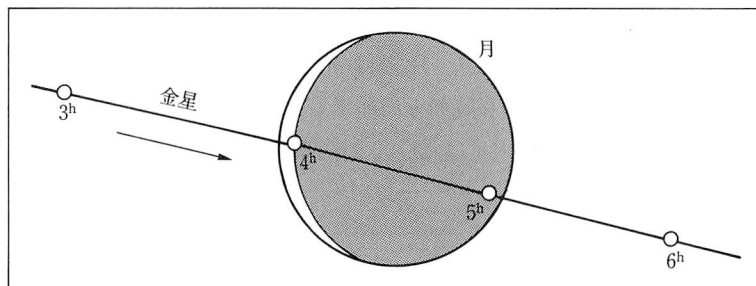
金星については

$LAM = 113°.707$, $BET = 0°.3479$,

$ELO = -25°.21$, $BR = -3.^{m}34$

を得る。

同様の計算を同日の$3^{h}$, $4^{h}$, $5^{h}$, $6^{h}$についておこなうと，下の表値を得る。これを図示したのが図XIII-2である。月視半径は0°.255として描いてある。

| 679 VIII 10 | $3^{h}$ | | $4^{h}$ | | $5^{h}$ | | $6^{h}$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 月 | 112.°93 | 0°.21 | 113°.48 | 0°.33 | 113°.97 | 0°.45 | 114°.42 | 0°.56 |
| 金星 | 113. 66 | 0. 35 | 113. 71 | 0. 35 | 113. 76 | 0°.35 | 113. 81 | 0. 35 |
| （金星－月） | +0°.73 | 0°.14 | +0°.23 | 0°.02 | −0°.21 | −0°.10 | −0°.61 | −0°.21 |

**図XIII-2　「新羅文武王19年6月（679VIII10），月太白を掩う」（三国史記・新羅本紀）の再現。**

この日の暁方に，金$(-3.^{m}3)$は3：55LMTに月の明るい東縁に潜入し，5：03に暗い西縁から再現していた。『三国史記』には，これより古い時代の星食・犯記事をいくつか載せるが，そのどれも計算からは確認できない。文武王19年の記事が確認される朝鮮最古の星食記事である。

**●演習4.**〔水星の食〕−69 VIII 4，漢宣帝・本始4年7月甲寅（3日），辰星翼にありて，月これを犯す（漢書天文志）

この記事はすでに“**V　水星**”の位置計算の**演習1.**で紹介ずみである。

水星については，そこで計算経過が示されているから，以下では月の視位置だけを述べることとする。

−69 VIII 4，18：30，$LON = 108°.9$，$LAT = 34°.3$（長安）に対する月の計算経過は下のとおり。

$JD = 1696070^{d}.968333$,

$SL = 128°.012$,

$LAM2 = 155°001$，$BET2 = -2°.0324$,

$MS = 0°.2768$，$MP = 26°.99$

同様の計算を$18^{h}$，$19^{h}$，$20^{h}$についておこなうと，下表のような数値が得られる。

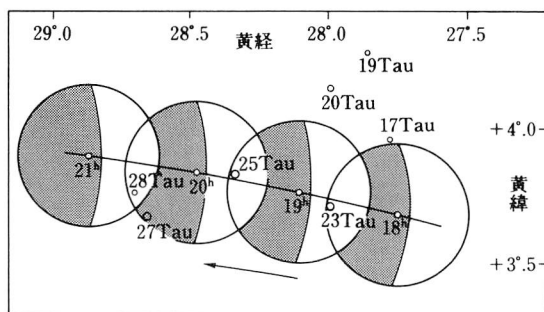
| −69 VIII 4 | $18^{h}$ | | $19^{h}$ | | $20^{h}$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 月 | 154°.72 | −2°.03 | 155°.29 | −2°.03 | 155°.91 | −2°.01 |
| 水星 | 155. 11 | −2. 07 | 155. 15 | −2. 08 | 155. 18 | −2. 08 |
| （水星−月） | +0°.39 | −0°.04 | −0°.14 | −0°.05 | −0°.73 | −0°.07 |

水星食の図はすでに図V-1に示してあるからそこを見られたい。

潜入はVIII 4，18：18LMT，再現は同19：13となる。当日の月入は19：00であるから，日入前の水星の潜入は見にくかったであろう。当直の司天官は，日入後のある時期に，月の西縁のあたりに再現したばかりの水星を認めて「犯」と記録したのかも知れない。この時，月と水星は太陽の東27°にあり，おとめ座の$\eta$ Virの南西4°ばかりのところにいた。ここは「翼」宿であり，記事のとおりである。これが中国最古の星食記録といえよう。

**●演習5.**〔プレアデスの星食〕−282 I 29，アレキサンドリアにて，第3時のおわるころ（$21^{h}$），月の南半分がプレアデスの東1/3または1/2ほどを掩うのが見えた（チモカリスの観測）

図XIII-3には，プレアデス星団の代表的な7個の星ぼし（17，19，20，22，25，27，28Tau）を描いてある。ただし，−282年分点座標の黄経・黄緯値。この夜$18^{h}$〜$21^{h}$の月の経過は下のとおり。アレキサンドリアは$LON = 30°.0$，$LAT = 31°.3$として計算した。

図から，この夜$18^{h}$〜$21^{h}$の間に月（月齢$7^{d}.4$）の南半分がプレアデスの南

図XIII-3　−282 I 29，アレキサンドリアにて，プレアデスの星食（月齢7.4日）。

| −282 I 29 | 18h | 19h | 20h | 21h |
|---|---|---|---|---|
| *LAM2* | 27°.74 | 28°.09 | 28°.47 | 28°.87 |
| *BET2* | 3°.67 | 3°.77 | 3°.84 | 3°.89 |

月の視半径　*MS*＝0°.265

東部分の23，25，27，28Tauをつぎつぎに掩食していったことがわかる。この記録は『アルマゲスト』から採った。

# XIV 日　　食

日食は古天文学のなかでも最大の興味のあるテーマである。日食記事は東洋にも西洋にも古くからあり，古天文学による検証は，記事の信憑性と同時にこの方法の検算の精度をも判断できる。つまり，日食は両者を裁断する両刃の剣である。

## 1.　日食の局地状況

日食は古代にあっては彗星の出現とならんで第一級の天変とみなされたので，古くから多くの観測記録が残っている。日食には皆既・金環・部分食の区別があり，地球上の地域によって，食の時刻と食分を異にするので，日食計算は複雑である。

局地状況を計算するためには，原理的には“**III　太陽**”の条から太陽黄経 $SL$，その視半径 $SS$，“**IX　月**”の条から月視黄経 $LAM2$，同視黄緯 $BET2$ および月の視半径 $MS$ を知ればよい。

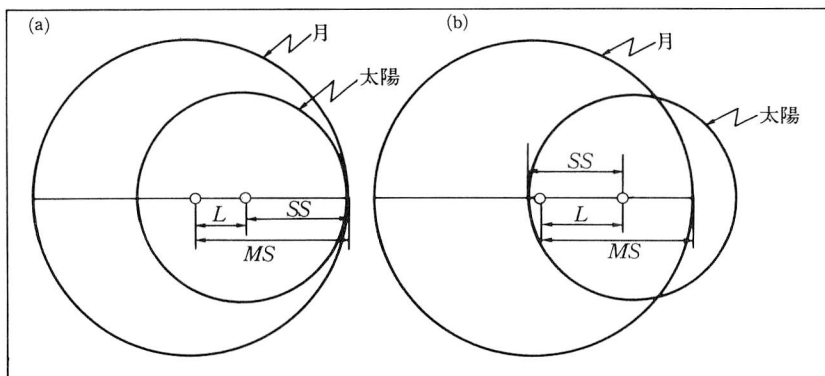
方眼紙上に（$LAM2-SL$）値を横軸に，$BET2$ 値を縦軸にプロットする。いくつかの時刻（$H$）についてプロットした点をつなぎ，太陽と月との視半径を描きこめば，星食の場合と同様にして，日食の情況を図式に解くことができる。食甚時における日月の重なり具合から最大食分が計算される。

星食の場合と同じように

$$L^2=(LAM^2-SL)^2+BET2^2 \cdots\cdots(179)$$

から，日月の中心距離 $L$ が求められるが，とくに

$$L^2=(MS-SS)^2 \cdots\cdots(180)$$

となるときに，日月は内接する。この時が皆既食の始め（第２接触）または皆既食の終り（生光，または第３接触）という。

**図XIV-1　日食の説明図．(a)は皆既の始めまたは終り，(b)は分食中。**

図XIV-1の(a)を見よ。

いま

$$PP = L^2 - (MS - SS)^2 \cdots\cdots (181)$$

なる量を考えて，時刻($H$)の関数である$PP$値がゼロになるような$H$値を求めれば，これが皆既食の始めまたは終りの時刻である。

同様に$H$のある値で，

$$L^2 = (MS + SS)^2 \cdots\cdots (182)$$

となれば，日月は外接する。この時を食の始め（第1接触）または食の終り（復円または第4接触）という。

だから

$$QQ = L^2 - (MS + SS)^2 \cdots\cdots (183)$$

なる量を考えて，$QQ$がゼロになるような時刻($H$)を求めれば，これが食の始めまたは終りの時刻である。

一般に

$$R = \frac{MS + SS - LS}{2SS} \cdots\cdots (184)$$

なる量を考えると，$R$は太陽の視直径（$2SS$）に対する食分を表わしている。つまり，

(1)　$R<0$のときは不食

(2) $R=0$のときは食の始めまたは終り

(3) $0<R<1.0$の間は部分食が進行中

(4) $R=1.0$のときは皆既食の始めまたは終り

である。

皆既食の場合には$R>1.0$ともなり得るが，それは皆既食の深さを表わしている。ふつう，$R$は1.06以上にはなり得ない。いっぽう，金環食の場合では，金環食継続中の食分$R$はほぼ一定値を保つのが特徴である。

ところで，*LAM*2，*BET*2，*SL*，*MS*，*SS*の5量のうちで，時刻($H$)とともに最も激しく変化するのは*LAM*2である。その1時間あたり増量は0°.5の程度。ただし視差の影響でこの量には±40％ほどの増減がある。
*BET*2と*SL*との時間当たり変化は，*LAM*2の1/10の程度であり，*MS*，*SS*は食の経過中はほぼ一定と思ってさしつかえない。

## 2.　皆既食影の描き方

日食の本影錐が地球表面を切る交線はほぼ楕円である。前掲式で$PP=0$となるような*LON*，*LAT*を地図上にプロットすれば，その時刻($H$)における食影輪廓が得られる。

具体的には，まず日時（$Y$，$M$，$D$，$H$）と*LON*を任意の値に固定して考え，*LAT*の値だけをいろいろに変化してみる。いまある*LAT*値で計算を開始するとき，$PP>0$であったら，つぎは*LAT*値を少し減らしてみる。これを繰りかえして計算すると，やがて$PP<0$となる。この点をはさむ2つの*LAT*値の間で内挿すれば$PP=0$になる*LAT*値が求められる。この*LAT*値が経度*LON*上における皆既食楕円の北限である。*LAT*をさらに減少させていくと$PP<0$であったのが再び$PP>0$に変わる。この間を内挿して$PP=0$の*LAT*値を求めれば，これは同じ経度線上の皆既食楕円の南限である。このような繰りかえし演算はパソコンのもっとも得意とするところであり，簡単に実行プログラムが組める。

ある経度線上の南限・北限が決まったら，つぎは*LON*値を少しく増または減じた値を設定して，この線上における南限・北限を求める。これを数回繰りかえせば，やがて楕円形の皆既食限界線図が完成する。

ここで計算上の注意をひとつ挙げる。いま使っている$H$はある地点の地方

時であるから，$LON$ を0°.3増または減ずるごとに，$H$ も0.$^h$02の割で増または減じた $H$ 値を採るべきことである。たとえば，（$H$，$LON$）を基準とすれば，つぎは（$H$＋0.$^h$02，$LON$＋0°.3），（$H$＋0.$^h$04，$LON$＋0°.6）…という組み合わせをインプットしてやることである。こうすると，でき上った皆既食楕円は初期の $LON$ 上における地方時 $H$ に対応する食影である。

以上は皆既食の場合について述べたけれども，$PP$ の式で（$MS$-$SS$)$^2$ は金環食でもプラス量であるから，金環食の場合でも同様に通用する。また，$PP$ の代りに $QQ$ を使えば，分食の限界線を作ることができる。分食の限界線は地球表面をひろく掩うので，その輪廓は楕円形ではなく，その一部は地球表面からはずれて宇宙空間にはみ出してしまうことがある。

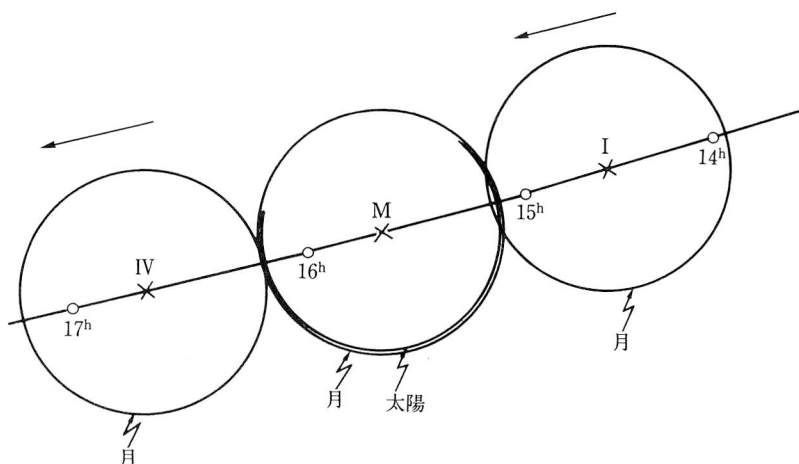
上の手続きでひとつの食影楕円が描けたら，異なる時刻 $H$ と経度 $LON$ の組みあわせを選んで同様の計算をおこなえば，もうひとつの食影楕円が得られよう。これらの楕円群に外接する曲線を引けば，地球全体から見た皆既食帯が完成する。

**●演習1.** 〔春秋の日食〕－708Ⅶ17，魯の桓公3年秋7月壬辰朔，日蝕にて既（春秋）

これは中国の孔子が編纂したという魯国の史書『春秋』の中の日食記事である。記事にも「皆既」であると明記しており，オッポルツェル日食番号 No. 1176t が対応し，魯都の曲阜（$LON$ ＝ 117°.0，$LAT$ ＝ 35°.6）で確かに皆既日食が見えた。当日の14$^h$，15$^h$，16$^h$，17$^h$ LMT における日・月の視位置（黄経・黄緯）は下の表のとおりである。

**－708 Ⅶ 17の日食　曲阜にて**

| $H$ | 14$^h$ | | 15$^h$ | | 16$^h$ | | 17$^h$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 月 | 105°.55 | 0°.22 | 106°.01 | 0°.09 | 106°.52 | −0°.05 | 107°.07 | −0°.19 |
| 太陽 | 106. 29 | 0. 00 | 106. 33 | 0. 00 | 106. 37 | 0. 00 | 106. 41 | 0. 00 |
| （月－太陽） | −0°.74 | 0°.22 | −0°.32 | 0°.09 | +0°.15 | −0°.05 | +0°.66 | −0°.19 |

ここで，太陽視半径 $SS$ ＝ 0°.264，月視半径 $MS$ ＝ 0°.274であった。図ⅩⅣ-2はこの時の情況を描いたものである。図から，食始めはⅦ17，14：

図XIV-2　『春秋』の日食の1例（−708VII17）魯都・曲阜で皆既であった。

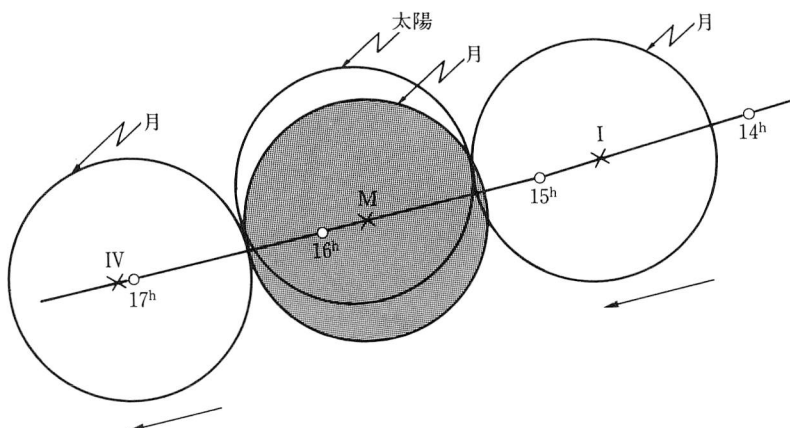
32，食甚は15：42，復円は16：44，そして食分1.01を得る。皆既継続時間は曲阜で約1 min。時刻はすべて曲阜平均時である。

**●演習2.**　〔部分日食，食分誤記〕−600 IX 20，宣公8年秋7月甲子（晦），日蝕ありて既（春秋）

これも『春秋』中の日食記事である。オッポルツェル日食番号 No. 1449t。曲阜における局地推算は下のとおり。

**−600 IX 20の日食　曲阜にて**

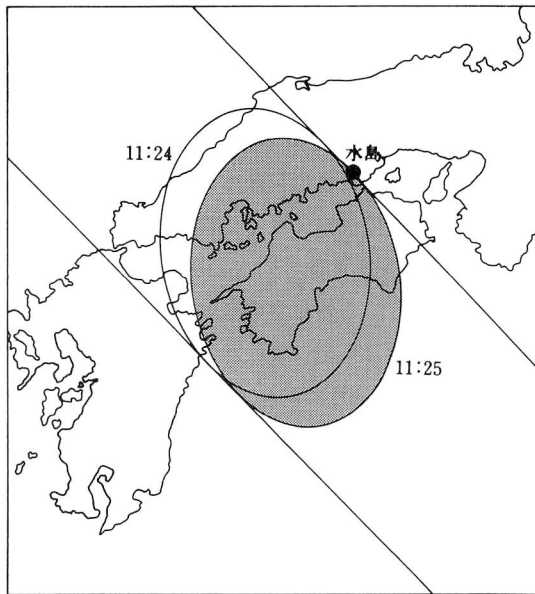
| $H$ | $14^h$ | | $15^h$ | | $16^h$ | | $17^h$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 月 | 169°.99 | 0°.16 | 170°.48 | 0°.02 | 171°.00 | −0°.10 | 171°.57 | −0°.20 |
| 太陽 | 170. 85 | 0. 00 | 170. 89 | 0. 00 | 170. 93 | 0. 00 | 170. 97 | 0. 00 |
| （月−太陽） | −0°.86 | 0°.16 | −0°.41 | 0°.02 | +0°.07 | −0°.10 | +0°.60 | −0°.20 |

ここで，$SS = 0°.268$，$MS = 0°.276$であった。これを図示すると図XIV-3のごとくなる。すなわち，記事には「既」とあるけれども，実際は曲阜で見ると部分日食であった。図から読みとると，食始めはIX20，14：43，

図XIV-3　『春秋』日食の他の１例（−600 IX 20）記事には「既」とあるが，実は部分食である。

食甚は15：49，復円は17：03，食分は0.87となる。原典の「既」は誤記または後世の誤入であろう。

**●演習3.**　〔源平盛衰記の日食〕1183 XI 17，寿永２年閏10月１日，水島にて，源氏と平家と合戦を企つ。城の中より勝ち鼓を打ってののしりかかるほどに，天俄かに曇りて，日の光みえず，闇の夜の如くなりたれば，源氏の軍兵ども日蝕とは知らず，いとど東西を失いて，舟を退いていずちともなく風にしたがいて逃れゆく。平氏の兵どもはかねて知りにければ，いよいよ鬨(とき)をつくりて，重ねて攻め戦う…」(源平盛衰記　巻33)

歴史をひもとくと，戦闘の最中に日食がおきたという記事がいくつもある。上に挙げる記事は『源平盛衰記』巻33，に載る岡山県水島におけ源平の合戦におけるひとコマである。

この日食は日食番号 No. 5691r という金環食で，中国の西半分と四国のほぼ全域を掩って金環食影が通過した。問題の水島は$LON$ = 133°.7，$LAT$ = 34°.5にあって，日食検算の結果，金環食の北限界線上にあるとわかった。図XIV-4は，水島平均時における11：24と11：25における２つの

図XIV-4　水島日食のときの金環食影の推移。

金環食影を描いたものである。もともと金環食なのだから，記事の「闇の夜の如くなりたれば」とあるのは誇張がすぎるようである。

●**演習4.** 〔アモス書の日食〕−762 VI 15,『旧約聖書』「アモス書」8章9節に，

「主なる神はいわれる。その日にはわたしは，真昼に太陽を沈ませ，白昼に地を暗くし……」

とある。予言者アモスは前8世紀の人で，おそらく日食を体験して，この文章をつづったといわれている。しかし詳しい年月日がわからない。

一方，ギンツェル（1899）はオリエントの古文書の中から下の文章を掘り出して，これは−762 VI 15にニネベで見られたとされる深い日食であろうと主張した。その文章とは

「ゴサンの市のイシディ・サガレ（個人の名）の時に，アッシリアの

この市で暴動がおきた。シバンの月に太陽が欠けた。」

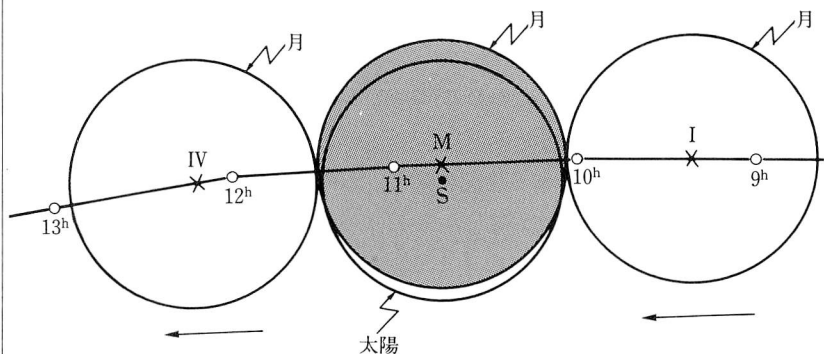
というのである。

『アルマゲスト』の附表には，アッシリア王の在位の年表があり，それによるとイシディ・サガレ王の在位年の中に−762が入るので，年代同定には疑問はないようである。これは信頼度のきわめて高い古代日食記録であり，アッシリア王朝の年代決定にとって最良の論據を与える日食といわれている。オッポルツェル日食番号のNo.1042tである。そしてギンツェルは『アモス書』の日食も，この日食のことだと説いている。

観測地をニネベ（$LON = 43°.2$, $LAT = 36°.5$）として，当日の$9^h$，$10^h$，$11^h$，$12^h$，$13^h$ LMTにおける日月の黄経・黄緯値は下のごとくなる。図XIV-5は太陽を固定して月の相対運動値を黄経・黄緯差で示したものである。ニネベで見ると，食始めは，VI15，9：24，食甚は10：43，復円は

−762VI15の日食　ニネベにて

| *H* | $9^h$ | $10^h$ | $11^h$ | $12^h$ | $13^h$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *SL* | 74°.75 | 74°.80 | 74°.83 | 74°.87 | 74°.91 |
| *LAM2* | 74°.06 | 74°.51 | 74°.94 | 75°.35 | 75°.76 |
| *LAM2−SL* | −0°.69 | −0°.29 | +0°.11 | +0°.48 | +0°.85 |
| *BET2* | +0°.03 | +0°.04 | +0°.03 | +0°.01 | −0°.04 |

ただし　$SS=0°.262$，$MS=0°.273$

図XIV-5　『アモス書』の日食（−762 VI 15）の状況。

12：12 LMT，そして食分は0.96の深食で，太陽面の南側がほそく輝いて残った。ニネベより北へいけば，皆既日食が見えたことであろう。『アモス書』の日食は確かにこれらしく思われる。

**●演習5.** 〔アガトクレスの日食〕－309 VIII 15，「つぎの日，大いなる日食があって，天の各所に星ぼしが現われた。昼が夜に変じたのである。」（デオドラス）

これは，紀元前20年ごろの人デオドラスの著作の一節である。実は，この日食は前311年ごろから起こった地中海の制海権の争奪戦の最中に発生したもので，ことに劇的な日食であった。当時，アフリカ北岸のカルタゴ市は多くの軍船を仕立てて，シシリー島を襲い，シラクサ港を海上から封鎖していた。シラクサの僭王アガトクレス（－360～－288）はシラクサの全艦船をひきいて夜の闇に乗じて包囲を脱出したのが，たまたま－309 VIII 14の夜半であった。（当夜は陰暦晦で月は出ていなかった。）

つぎの日，つまりVIII 15には海上にあって朝を迎えたが，そこで思いがけず皆既日食に見舞われた（日食番号はNo. 2149tである）。不意の日食に恐れおののく海兵たちを前にして，アガトクレスは，「この日食こそ両軍の戦運を逆転させるしるしだ」と叫び，6日6晩の強行軍で地中海を渡り，アフリカ北岸のラトミエに上陸し，守備兵の手薄なカルタゴ市を攻略し，ここにカルタゴは滅亡した。

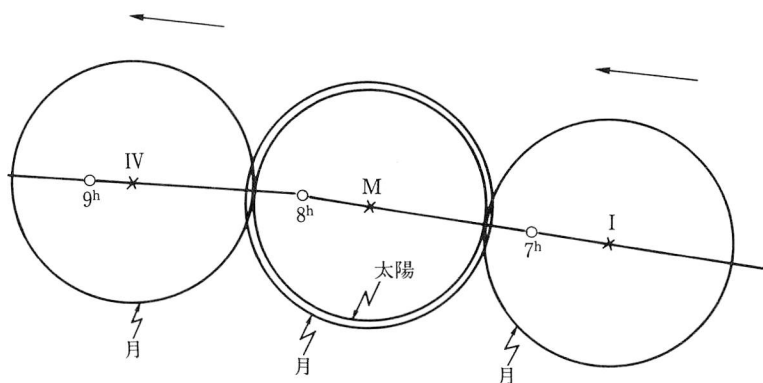
ところで，アガトクレスがシラクサ港を出て，どのあたりで日食に遭遇したのかは不明であるが，計算の都合で，シシリー島の東方海上の $LON = 15°.0$，$LAT = 38°.0$ のあたりにあったと仮定すると，アガトクレスの見た日食の情況は下のごとくなる。

**－309 VIII 15の日食　シラクサ東方海上にて**

| $H$ | $6^h$ | $7^h$ | $8^h$ | $9^h$ |
|---|---|---|---|---|
| $SL$ | 136°.64 | 136°.68 | 136°.72 | 136°.76 |
| $LAM2$ | 135°.76 | 136°.34 | 136°.88 | 137°.38 |
| $LAM2-SL$ | －0°.88 | －0°.34 | ＋0°.16 | ＋0°.62 |
| $BET2$ | －0°.17 | －0°.06 | ＋0°.03 | ＋0°.09 |

ただし　$SS=0°.265$，$MS=0°.275$

図XIV-6はこの時の情況を示す。食始めは6：39，食甚は7：42，復円は8：48，月心が日心と重なって完全な皆既食で，皆既継続時間は約 2 min であったろう。

図XIV-7はこの日食の皆既帯の地上経路を示している。そしてこの皆既影は小アジアのヘレスポントの町の上を通過していることがわかる。同じ

図XIV-6　アガトクレスの日食（−309 VIII 15）の状況。

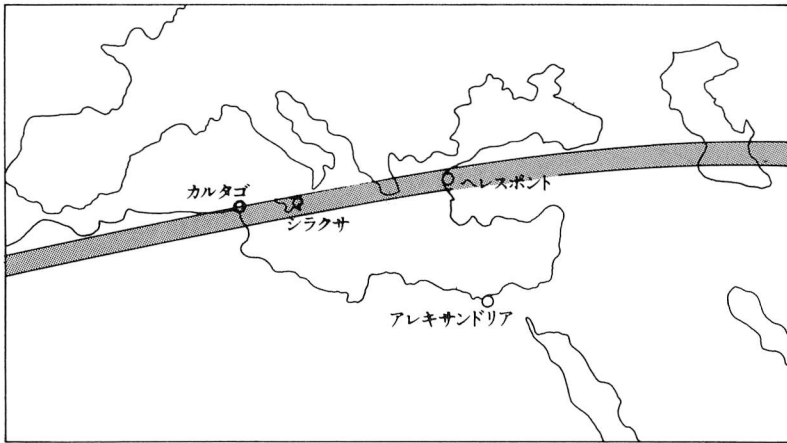
この日食については,『アルマゲスト』に,ヒッパルコス(−189？〜−124？)が収集していたという，下のような記録がある。

「このとき，ヘレスポントでは皆既，アルキサンドリアでは太陽直径の4/5が欠ける分食が見られた」

ここで，ヘレスポントとはダーダネルス海峡東岸にあった町で，現在名はチャナッカレという。位置は $LON = 26°.4$，$LAT = 40°.2$である。また，アレキサンドリアは $LON = 30°.0$，$LAT = 31°.3$である。両地における食の情況は下のとおり。

−309 VIII 15の日食

| 地　名 | 食始め | 食甚（食分） | 復円 |
|---|---|---|---|
| ヘレスポント | 7：31 | 8：38（1.00） | 9：53 |
| アレキサンドリア | 7：44 | 8：52（0.76） | 10：09 |

ただし　$SS$=0-.265，$MS$=0-.275

**図XIV-7　アガトクレスの日食（−309 VIII 15）は小アジアのヘレスポントでも皆既食であった。**

ところで，ヒッパルコスはヘレスポントとアレキサンドリアでの食分の観測値を使って，月までの距離を始めて計算で求めたといわれる。月の視差値を使ったもので，彼の答は45万 km であった。筆者の計算によると，この時の地球と月の距離は41万 km となるから，かなり精密な値が得られていたといえよう。

もっともこのヒッパルコスの日食の同定には異論がある。別に，−128 XI 20午後おそく起きた日食（No. 2566 t）があり，−309年日食と食分の情況が似ているというので，ヒッパルコスの日食はあるいは−128 XI 20の日食かもしれないというのである。フォザリンガムは−128年日食をとり，ショッホと R. R. ニュートンは−309年日食を支持している。念のため，この日食についても食の情況を調べておこう。下のとおりである。
この場合には，ヘレスポントで皆既にならないが，アレキサンドリアの食

**−128 XI 20の日食**

| 地　　名 | 食始め | 食甚（食分） | 復円 |
|---|---|---|---|
| ヘレスポント | 14：10 | 15：27（0.96） | 16：38 |
| アレキサンドリア | 14：40 | 15：56（0.76） | 17：02 |

ただし　$SS=0^{\circ}.271$，$MS=0^{\circ}.271$

分は両日食ともほぼ同じである。この日食からでも地球と月との距離は－309日食の場合と同じくらいの値が出るであろう。

**●演習6.** 〔天の岩戸日食〕158 Ⅶ 13，日本神話の中の「天の岩戸」事件は皆既日食にちがいない，とする説は多くの日本人の潜在意識にしみこんでいるから，古天文学としてもこれを避けてとおることができない。

「天の岩戸」を日食だといったのは，江戸時代の儒家・荻生徂徠（1666～1728）の随筆「南留別志(なるべし)」の中に

「日の神の天磐戸(あまのいわと)にこもりたまひしといふは，日食の事なり。諸神の神楽(かぐら)を奏せしといふは，日食を救ふわざなるべし。」

とあるのが最も古いらしいとは佐藤利男氏の教示である。

天の岩戸物語は『古事記』上と『日本書紀』巻１とに載っている。内容はほぼ同じで，スサノオの乱行を怒って，姉のアマテラスが天の岩戸に隠れてしまう。すると高天原(たかまがはら)はみな暗く，葦原の中つ国はことごとく闇となり，いろいろの妖患(わざわい)が発生して，世の中は騒然となる。そこで八百万(やおよろず)の神神が天(あめ)の安(やす)の河原(かわら)に集合して対策を協議する。

その結果，あるトリックを使って岩屋の中にこもるアマテラスの関心を外に引きつける。かの女が岩戸をかすかに開けて外をのぞいたところを，すかさず大力無双のタジカラオが岩戸を打しあけ，アマテラスを外につれ出してしまう。すると世の中はふたたび明るくなった，というのである。

では，そのような皆既日食（であるとして）が，いつどこで起きたかを古天文学的に考究してみよう。皆既日食は一般に思われているほど稀有な天象ではない。統計的にいえば，それは18年間に10回の割で地球上のどこかで起きるのである。ただ，観測地を１個所に限定すると，そこで皆既食が見られる確率は360年間に１回となってしまう。だから，岩戸日食の略年代と観測点が限定できれば，そこを通過する皆既食を選び出すことはそんなに難しくはない。原典によれば，そこは「天の安の河原」だという。これでは曖昧である。

日本の邪馬台国の女王卑弥呼が生きていた紀元２世紀から飛鳥朝前期

（6世紀末）までの間に，日本国の西半分を通過した皆既日食は下の4個である。

**天の岩戸日食の候補**

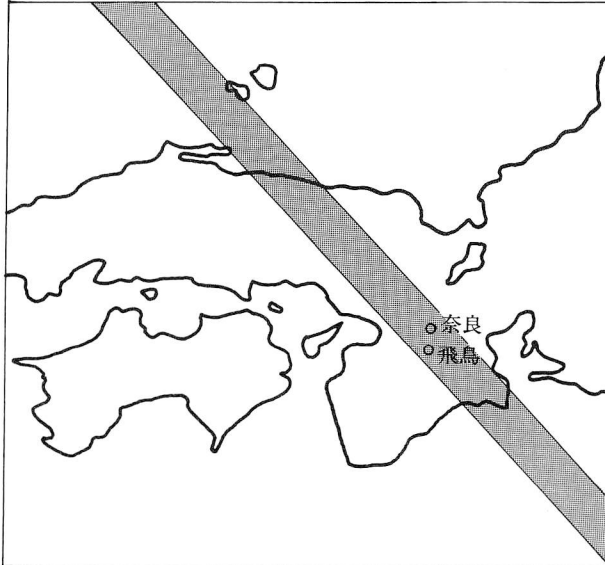
| ユリウス暦日 | オッポルツェル日食番号 | 皆既食の地域 |
|---|---|---|
| A.D.158 VII 13 | No.3276t | 近畿地方を斜断 |
| 248 IX 5 | No.3481t | 能登と奥羽地方を横断 |
| 454 VIII 10 | No.3944t | 九州中部を横断 |
| 522 VI 10 | No.4107t | 山陰・近畿北部を横断 |

ここで観測地として，邪馬台国の有力候補地である奈良盆地を仮定すると，ここを通過する皆既食はこの中の No. 3276t だけである。そこで，この日食についてさらに詳しい情況調査をしてみよう。

**A.D.158 VII 13の日食**

| 地名 | 食始め | 食甚（食分） | 日入（食分） |
|---|---|---|---|
| 奈良盆地 | 17：59 | 18：55(1.00) | 19：11(0.68) |

ただし　$SS=0°.263$, $MS=0°.265$

奈良盆地の経度・緯度を $LON = 135°.5$, $LAT = 34°.5$とすると，この

図XIV-8　A.D. 158 VII 13の皆既日食の経路図。

日食はⅦ13午後おそくおこり，食甚のとき，日・月は高度2°.2にあった。皆既継続時間は一分間以内。そして19：11に食分0.68のまま日入となった日入帯食である。日入直前の皆既食であるから，食された太陽は地平ちかく，これを見る人に凄絶な感を与えたことは確かである。

図XIV-8は，この時の皆既帯の経過を示している。もっとも上の表に示したその他の日食もそれぞれ捨てがたい岩戸候補になりうる日食である。

たとえば，A.D. 248日食は継体天皇の出身地に近いし，A.D. 454日食は北九州邪馬台国であり，A.D. 522日食は出雲地方を通っている。

# XV 月　　食

日本には月食の古記録が比較的多いが，その大部分は暦算の結果を載せたもので実視記録は少ない。中国では月食は天変としては載せず,「律暦志」の中で,これを管理可能な天象と見なし，月食を使って暦改良に役立てていた。

## 1.　月食の計算

月食は地球の陰影の中に満月が入る状況を地球側から眺めるのであるから,地球上のどこから見ても,同時に同一現象が見られるわけである(地方時を使っている場合には，土地によって時刻が異なるが)。だから，月食の計算は月の視差補正が不要である。したがって,月の位置としては地心から見た月の黄経・黄緯値 *LAM*, *TB* を使えばよい。ただし，天球上に投影された月の視位置は *LAM* 2，*BET* 2 を使うべきである。この両様の使い分けに注意すること。

図XV-1は月食のおきる事情を説明するための参考図である。天球の北方から黄道を見下ろした図で，Sが太陽中心，Eが地球中心，Vが地球本影錐の

**図XV-1　月食計算のための説明図。**
**S＝太陽，E＝地球，O＝月．＜AES＝太陽視半径，＜BAE＝太陽視差，＜OEK＝月視半径，＜BKE＝月視差.**

頂点である。線分 ABV は太陽・地球をあらわす2円の共通外接線。月の中心をO とすれば，図は月が線分 ABV と外接したところを描いてある。したがって，OK が月の半径であり，K はその接点。

線分 EK が本影錐軸 EV となす角は簡単な幾何学から

$$\angle \mathrm{KEM}=\angle \mathrm{BKE}-\angle \mathrm{AES}+\angle \mathrm{BAE} \cdots\cdots \quad (185)$$

ここで∠BKE は「月の視差」であるから，それは

$$\angle \mathrm{BKE}=\frac{1}{60.2682\,(1-EC\cos EX)}\cdot\frac{180^\circ}{3.14159} \cdots\cdots \quad (186)$$

で表わせる。ここで60.2682なる数値は地心と月心との平均距離を地球赤道半径単位で測った値である。分母のカッコ内は，任意時における実距離を得るための補正項。いちばん右の項はラジアンを度（°）単位にするための換算係数である。

また，∠AES は太陽の視半径 *SS* のことであり，∠BAE は「太陽の視差」であるから，それは

$$\angle \mathrm{BAE}=\frac{2.443\cdot 10^{-3}}{SRR} \cdots\cdots \quad (187)$$

で表わされる。単位は度（°）である。*SRR* はこの時点における地球・太陽間距離。

地球本影錐軸の天球上黄経は（$SL\pm180^\circ$）である。

いま，任意の日時（*Y*, *M*, *D*, *H*）において，本影軸に相対的な月の運動を考える。それには，

(1) 上記の3式を使って，月軌道の距離における地球本影円の視半径∠KEM を計算する。ただし，地球は大気に包まれているので，本影円は幾何学的に求めた値よりもいくぶん大き目の値をとるとよいことが経験的にわかっている。それは2％増しが適当とされている。そこで

$$\angle \mathrm{KEM}=1.02\times\angle \mathrm{KEM} \cdots\cdots \quad (188)$$

を採用する。方眼紙上に，1°を10 cm の割で本影円を描く。∠KEM はだいたい0°.7ほどである。

(2) つぎに，**“IX　月”**の位置計算の中の式を使って，地心から見た月の黄経 *LAM*，同黄緯 *TB* を求める（*LAM* 2，*BET* 2 ではない）。

(3) 月の中心と対日点（天球上で太陽と反対方向の点）との黄経差を記号 *MOO* で表わせば

$$MOO = LAM - SL \pm 180° \cdots\cdots (189)$$

である。

(4) いろいろの時刻（*H*）について *MOO* を求め，*MOO* と *TB* とを横軸値・縦軸値として方眼紙上にプロットする。この際，*MOO* は±1°以内だけとれば充分である。プロットを結ぶと対日点に相対的な月の軌跡が得られる。視差の影響がないから，この場合の月心の運動はほとんど等速である。

(5) つぎに，地心から見た月視半径∠OEK を次の式を使って求める。

$$\angle \mathrm{OEK} = \frac{0°.25905}{1 - EC\cos EX} \cdots\cdots (190)$$

これを半径として月心を中心とし円を描けば，月の視かけの輪廓が得られる。

(6) 本影円と月輪廓との内接・外接の時刻を内挿すれば，第1，第2，第3，第4接触の時刻が求められる。なお，日食・星食の計算のときに使った見かけの月半径 *MS* の代りに，ここでは∠OEK を使うことに注意すること。

描画に必要な量は，*MOO*，*TB*，*KEM*，*OEK* の4量である。このうち *KEM* と *OEK* は月食進行中は一定と考えて差しつかえない。

**●演習1.**　［皆既月食］785 Ⅹ 22，延暦4年秋9月15日丁未の夜，竟夜，月面黒し。光消失して空は闇なり（日本霊異記）

これは皆既月食の実見記である。観測地は京都府長岡京（$LON = 135°.7$）とする。

785 Ⅹ 22，23：45 LMT における計算は下のとおり。

$JD = 2008074.^{d}11263$,

$SL = 213°.180$，$SS = 0°.26969$,

$LAM = 33°.137$，$TB = -0°.3644$,

$MOO = -0°.0423$，$KEM = 0°.7435$,

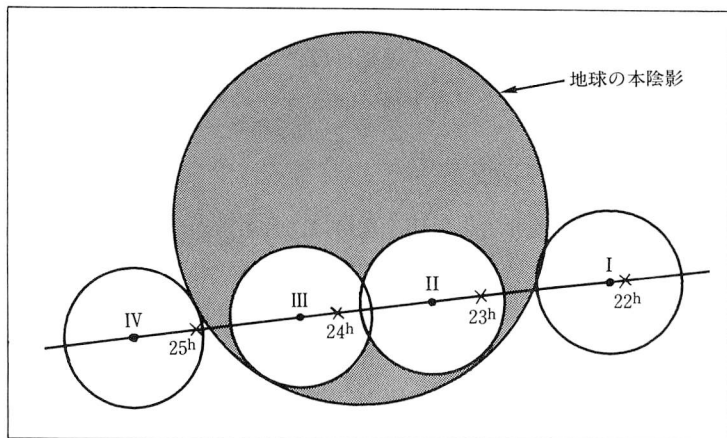
$OEK = 0°2714$，$\cos MP = -0.99999$

であるから，この時ほとんど食甚である。

同夜の$22^{h}$，$23^{h}$，$24^{h}$，$25^{h}$，$26^{h}$ における *MOO* と *TB* の値は下表のとおり。

785 X 22の月食　長岡京にて

| $H$ | $22^h$ | $23^h$ | $24^h$ | $25^h$ | $26^h$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $MOO$ | $-1^\circ.05$ | $-0^\circ.475$ | $+0^\circ.10$ | $0^\circ.68$ | $1^\circ.26$ |
| $TB$ | $-0^\circ.26$ | $-0^\circ.32$ | $-0^\circ.38$ | $-0^\circ.44$ | $-0^\circ.49$ |

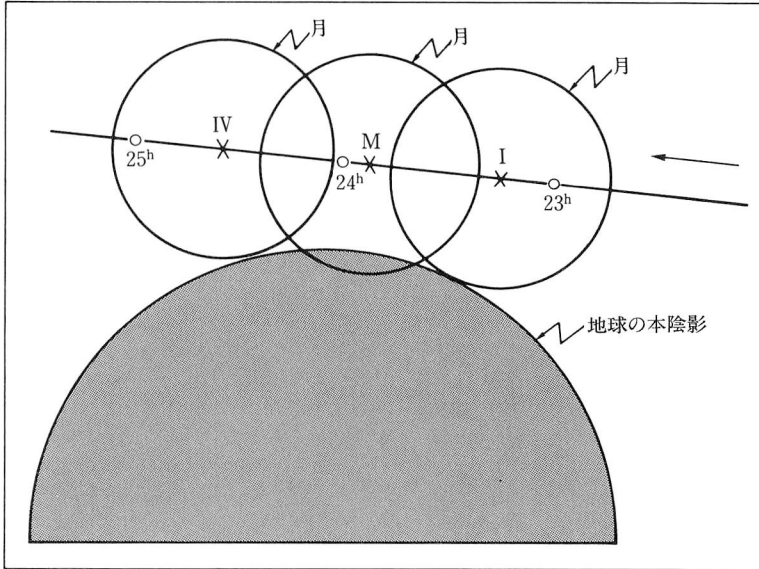
ただし　∠KEM＝0°.74，∠OEK＝0°.27

図XV-2　延暦4年9月15日（785 X 22）夜の皆既月食。

これをプロットすると，図XV-2が得られる。この図から読みとって，食始めはX 22，22：06，皆既始めは23：18，皆既終り（生光）はX 23，0：13，復円は同1：23となる。時刻はそれぞれ長岡京平均時である。

**●演習2.**　［バビロンで部分月食］－719Ⅲ 8からⅢ 9にかけて月食があった。食は月の南がわの3指食であったという。食甚はバビロンで夜半であったと思われるから，アレキサンドリアでは夜半前の5/6時間に見られたであろう。太陽はうお座の13°.3/4にあった。（『アルマゲスト』第4章，薮内清訳による）

『アルマゲスト』には，－720 Ⅲ 19夜の皆既月食（月食番号No. 741）と上記の分食（No. 743）と－719 Ⅸ 1夜の皆既月食（No. 744）との3個

の月食記事を載せている。これらは記述が詳細で信用度が高いと考えられ，天文年代学につかう数式中の永年項の改良に大いに功績があった。

観測地をバビロン（$LON=44°.5$，$LAT=32°.5$）とし，Ⅲ 8 夜半における月と地球本陰影錐軸線および太陽黄経を示せば下のとおりである。

図XV-3　バビロンで部分月食（−719 Ⅲ 8/9）。

−719 Ⅲ 8の月食　バビロンにて

| $H$ | $22^h$ | $23^h$ | $24^h$ | $25^h$ |
|---|---|---|---|---|
| $MOO$ | −0°.95 | −0°.50 | −0°.05 | +0°.40 |
| $TB$ | +0°.75 | +0°.795 | +0°.85 | +0°.885 |
| $SL$ | 340°.92 | 340°.96 | 341°.00 | 341°.04 |

ただし　∠OEK=0°.245，∠KEM=0°.651

図XV-3は地球本陰影円を固定して考えたときの月の相対運動（$MOO$，$TB$）を示す。図から読みとると，食始めはⅢ 8，23：18，食甚は23：54，復円は翌Ⅲ 9，0：37で，食分は0.13の浅食であった。記事には食分値として，「3 指食」とあり，これは見かけの月直径を12としたときの 3 の意

味だとすると，食分は0.25となって検算と合わない。また記事によると，この時太陽黄経は$SL$＝330°（うお座）＋13°.75＝343°.75となり，上記検算値341°.0といささかの差を示して，不審である。またバビロンの経度は44°.5，アレキサンドリアの経度は30°.0であるから，両地間の時差は$58^m$である。記事は，それを5/6時間＝$50^m$と見ている。

# XVI　天体の出入

古代のある年月日（$Y$，$M$，$D$）に，ある土地（$LON$，$LAT$）において見る天体の出入の情況を計算してみよう。観測点としては北半球上の土地を考える。つまり，$LAT>0°$とする。天球上，北天にあって

$$90°-DEC<LAT$$

を満足する星ぼしは「周極星」であるから，出入はしない。

また，南天にあって

$$90°+DEC<LAT$$

を満足する星ぼしは，常に地平線下にあって見えないから，これも出入はしない。この両極端の間に納まる赤緯の天体は毎日出入をくりかえしている。

## 1.　恒星の出入

まず，$Y$，$M$，$D$，$LON$，$LAT$ を固定し，適当な $H$ 値を使って，**第Ⅱ章　4. 恒星時を求める**の中の $LST$ の式を使って地方恒星時 $LST$ を求める。また，**“XⅡ”　古代の恒星位置**の中の第2法を使って，その恒星の赤経 $RA1$（$Y$），赤緯 $DEC1$（$Y$）を求めておく。

球面三角法から，星の天頂角 $ZET$ については

$$\cos ZET=\sin LAT\sin DEC1+\cos LAT\cos DEC1\cos(LST-RA1) \quad \cdots\cdots (191)$$

という式がある。

いま，$ZET=90°.58$になる時をもって，星の出または入の瞬間ときめる。ここで，$0°.58$は地球大気差の常数である。上式をある $H$ の $LST$ について解いて，その答を $LST0$ とおく。すると，

$$H\pm(LST0-LST)/1.0027$$

がその星の出入の時刻である。ただし，プラス符号は出，マイナス符号は入の時刻に対応する。念のため，この値を $H$ におきかえて，もう一度全部の計算を繰りかえして，式（191）が成立することを確かめておくとよい。

**●演習1.**　［シリウスの出］**第XII章**のシリウスの初見の演習に関連して，－2476 VIII 15の朝，Memphis におけるシリウスの出の時刻を計算してみよう。

シリウスの赤経・赤緯は

$RA1(-2476)=52°.308$

$DEC1(-2476)=-20°.755$

である。

いま，－2476 VIII 15の朝の $H=4^h$ を考えると，この時の地方恒星時は

$LST=332°.877=22^h.1918$

上式から時刻 $4^h$ のときの $LST0$ を求めると

$LST0=334°.175=22^h.278$

を得る。したがって

$4^h+(22^h.278-22^h.1918)/1.0027$

を計算すれば，この日の朝のシリウスの出の時刻は 4：05 LMT であったことを知る。

## 2.　惑星の出入

惑星の天球上位置は**第IV章**ないし**第VIII章**の中の式を使って $LAM(Y, M, D, H)$，$BET(Y, M, D, H)$ を求め，これを $RA$，$DEC$ に変換する。惑星の日日運動はわずかであるから，出入の計算のためには，求められた $RA$，$DEC$ はコンスタントとして，**1. 恒星の出入**の方法でやればよい。念を入れたい人は，これで求めた出入の時刻 $H$ を使って，もういちど $RA$，$DEC$ を計算しなおせば万全である。

### 3.　太陽の出入

太陽の出入については，太陽面のみかけの上縁が東の地平線に接触した瞬間を「出」とし，またそのみかけの上縁が西の地平線に接触する瞬間を「入」と見なす規定になっている。したがって，この場合，太陽中心の天頂角 $ZET$ は

$$ZET = 90°.58 + 0°.27 = 90°.85$$

とおく。ここで，0°.27は太陽視半径 $SS$ のことである。本来 $SS$ は可変量であるが，出入時刻の計算などの時は常数と見なしてさしつかえないであろう。これ以後の計算は**3. 惑星の出入**の場合に準ずる。

●**演習2.**　［日出，日入］**演習1.** における日出時刻を計算してみる。

時刻 $H$ のときの太陽天頂角 $ZET$ を計算して，

$$ZZ = ZET - 90°.85$$

なる $ZZ$ 量を求めれば，$ZZ = 0$ となるような $H$ が出入時刻である。

| $H = 4^h$ とすると | $H = 5^h$ とすると， |
|---|---|
| $SL = 91°.092$ | $SL = 91°.132$ |
| $RA1 = 91°.195$ | $RA1 = 91°.239$ |
| $LST = 332°.877$ | $LST = 347°.918$ |
| $ZET = 99°.947$ | $ZET = 88°.829$ |
| $ZZ = 9°.097$ | $ZZ = -2°.021$ |

ゆえに，これを比例按分して，$H = 4$：49が日出時刻である。

同様のことを日入についておこなえば，18：57が日入時刻となる。時刻はともに，メンフィス地方平均時で表示される。

### 4.　月の出入

月の出入については，月面中心の出入をもって月出，月入とする規定である。月は満ち欠けをするので，月の上縁が欠けて見えないこともあるので，月面中心を採用しているのである。したがって，

$$ZZ = ZET - 90°.58$$

がゼロになるような $H$ を探索すればよい。ただ，月の運動は激しいから，$RA$，

*DEC* は時々刻々変化する。

パソコンを使う場合は，月出のおよその時刻推定値 *H* をもって計算を始め，得られた *ZZ* 値について下の判断をする。

```
IF | ZZ | <0.05   THEN   STOP
H=H+ZZ/15      :RETURN
```

なるプログラムを挿入しておいて，「繰り返えし計算」をさせる。上の IF 文の条件（0°.05以下）に合えば繰り返えし算はそこで STOP する。その時の *H* が月出の時刻である。月入の計算もほぼ同じである。

**●演習3.**　［月出］現代にもどって，1987 X 11夜，旧東京天文台（東京都港区，*LON*＝139°.7，*LAT*＝35°.6）における月出を計算する。

繰返し法による計算は下のとおり。ただしユリウス通日 *JD* は整数値が 2447079ᵈ で，下表では *JD* の小数部分だけを示してある。

1987 X 11，旧東京天文台（*LON*＝139°.7，*LAT*＝35°.6）にて

| *H* | $19^h.0000$ | $19^h.6717$ | $19^h.8211$ | $19^h.8487$ | $19^h.8537$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *JD* | $0^d.9036$ | $0^d.9316$ | $0^d.9378$ | $0^d.9389$ | $0^d.9391$ |
| *SL* | 197°.550 | 197°.577 | 197°.583 | 197°.584 | 197°.585 |
| *LST* | 304°.451 | 314°.544 | 316°.800 | 317°.217 | 317°.291 |
| *LAM2* | 70°.4682 | 70°.8924 | 70°.9840 | 71°.0009 | 71°.0039 |
| *BET2* | 4°.0917 | 4°.1468 | 4°.1601 | 4°.1626 | 4°.1630 |
| *ZZ* | 8°.0607 | 1°.7920 | 0°.3321 | 0°.0591 | 0°.0104 |
| | | | | | STOP |

したがって，この日の月出は，19：51　LMT である。念のため『理科年表』(1987）を見ると，この日の旧東京天文台で月出時刻として日本標準時19：32 JST と掲げてある。明石と東京との時差$19^m$ を補正してやれば，両者はピタリと一致する。

# XVII　惑星の集合

惑星の集合は東洋・西洋をとわず，古くから神秘的な現象と思われていたから，東洋では五行説，西洋では占星術を発達させた。

『晋書』「天文志」に，

凡そ五星の聚（あつま）るところ，其の国王天下従う。…三星もし合わば，これ驚立絶行といい，その国外内に兵と喪とあり，百姓饑乏す。…四星もし合わば…，五星もし合わば…。

など詳細な占文がつづく。

本章では地上の事件と関係を生じたかに見える惑星の集合の記録をとりあげて，これを検証してみよう。

## 1.　五星聚井

『漢書』「高帝紀」に，

漢元年冬十月，五星東井（とうせい）に聚り，沛公（はいこう）覇（は）上に至る。

という記事がある。ここで「五星」とは水金火木土星の総称，東井とはほぼ「ふたご座」に当たる星宿。沛公とは後に漢高祖となった人で，当時は沛公劉邦と称した。覇上とは長安の東30里の土地の名である。

この記事は秦の末年に，劉邦軍が秦都咸陽を攻めて覇上に至ったとき，五星が漢の分野である東井（ふたご座）に集合したということである。これは秦国の滅亡と漢軍の勝利を予兆する奇瑞が天上に出現したとされ，古来有名な記事である。

この天象がほんとうかどうか，中国でもむかしから議論されている。本書では**第Ⅳ～Ⅷ章**の惑星位置計算法を使って改めて検証してみる。

まず，原文の「漢元年冬十月」である。これは古暦の研究家によって，ユリ

ウス暦の−206 XI 14から XII 12までの1カ月とされている。さて，天文計算によると，この1ケ月間に5惑星が動いた黄経範囲は下表のとおり。

| 五　星 | 水 | 金 | 火 | 木 | 土 |
|---|---|---|---|---|---|
| 十月初 | 248° | 275° | 195° | 45° | 75° |
| 十月末 | 234° | 290° | 213° | 42° | 73° |

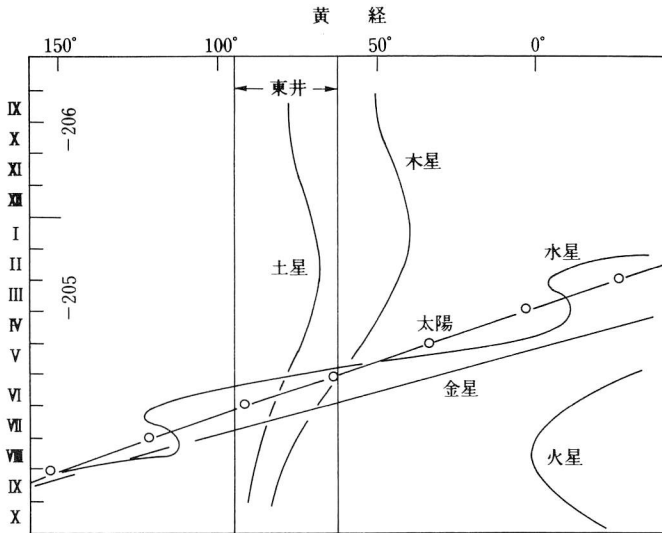
ここで，黄経値が減っている惑星はこのとき逆行中であることを示す。

ところで，東井はこの時代の春分点の黄経では63°〜95°の範囲にあった。したがって，10月中に東井に入っていたのは土星だけであった。これでは「五星が東井に集まった」というのとは話が合わない。

それでいろいろの事を考えてみる。前漢の時代までは，漢字の「十」と「七」とは似たような書き方をしていた。ただ,「十」は縦棒が横棒より長く書き,「七」は横棒が縦棒より長く書くという違いがあるだけで，どちらも十文字であったという。だから後世に漢文中の「十」と「七」との読みちがいや写しちがいが多くおこっている。そこで漢代以後は「十」の縦棒の下を右に曲げて「七」をあらわすことになっている。だから，ここで書かれている「十月」もあるいは「七月」を誤記したのかもしれないと疑ってみる。

さらに，秦末（始皇帝27年，すなわち−218年）から漢の太初元年（−103年）までの間は歳首を前年十月とし，歳尾を当年九月としていたことは文献上明らかである。(たとえば『史記』「始皇本紀」始皇26年の条。）だから，原文を「漢元年七月」と読みかえてよければ，それは前年の十月から数えて9カ月後の本年7月のことになる。こうすると，該当するユリウス暦日は大いに変動して，−205 VIII 7からIX 4までとなる。したがって，この期間が調査の対象である。

図XVII-1は太陽と水金火木土の5惑星の黄経値を−206年から−205年にかけて追跡した軌跡である。ここで太陽を加えたのは，太陽との黄経差がプラスかマイナスかでその惑星が夕星か暁星かの判断がついて便利だからである。図から一見して，金木土の3惑星が−205 VI 月中に東井に集合していたことがわかる。水星はVI月半以後は東井の東に離れてしまう。また，火星はこの年中には東井に近づくことはない。まずいことに，VI月中に太陽はふたご座に滞在しているから，諸星は「伏」の状態にあった。

つぎのVII月初になると，金火木土は太陽の西にあるから，ともに暁星となる。

図XⅦ-1　漢元年に五星が東井に集合したという記事は，−205 Ⅶ～Ⅷのころに，水金木土がふたご座に集合したことを指すらしい。

水星だけは太陽の東にあって夕星である。

また Ⅷ月初を考えると，水金火木土はすべて太陽の西にきて，5惑星全部が暁星となっている。もっとも，そのとき水金はともに東井を離れている。

原典を読みかえすと，5惑星が「同時」に東井に集まったとは書いてないのだから，これを水金木土がⅥ月からⅨ月までの間に「つぎつぎ」に東井に入ったと拡大解釈をしてもよいかもしれない。それにしても，火星だけはこの解釈にも乗ってこない。

ところで，古典にいう「五星」とは本来「惑星」と同意語であって，かならずしも「5個の惑星」という意味ではない。4個であっても，五星つまり惑星という意に使われるであろう。そう考えれば，上記の場合，火星を除く4惑星が東井に集まっても「五星」が集まったといって差支えないのである。すなわち，この記事は充分信頼性のある天文記録であったといえよう。

最後に一言。記事の「秋十月」とある「秋」は後人のいらざる挿入であると解釈する。

漢元年7月朔の朝4/時における太陽と五星の位置などは次のようであった。

−205 Ⅷ 7, 4 h 長安にて

| | 太陽 | 水星 | 金星 | 火星 | 木星 | 土星 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *LAM* | 129°.30 | 112°.15 | 110°.24 | 2°.19 | 77°.42 | 86°.90 |
| *BET* | 0.00 | −1°.07 | 0°.67 | −4°.40 | −0°.22 | −0°.49 |
| *ELO* | − | −17°.15 | −19°.06 | −127°.12 | −51°.88 | −42°.40 |
| *BR* | − | +0m.5 | −3m.3 | −1m.4 | −1m.6 | +0m.1 |

## 2. オリエント版・四星集合

**第1章の1. 発端**にすでに紹介したが,「バビロン王朝第10代カンビサス王の第7年秋10月の後半に, 金火木土の4惑星が暁の東天に集合して見えた。」
とはオリエントの粘土板楔形文字の記録である。

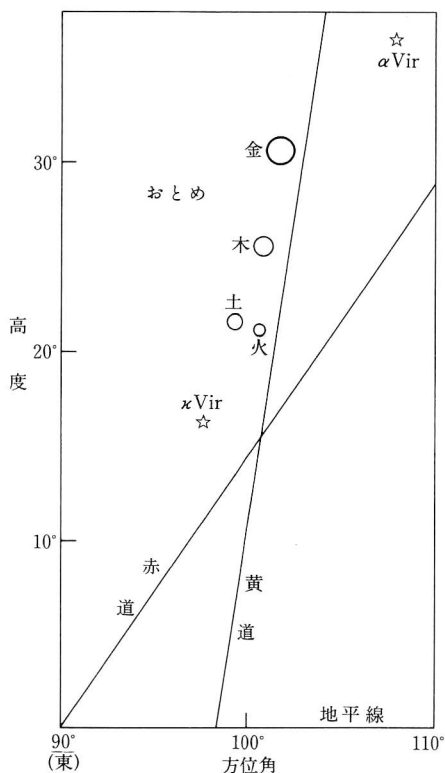
これは「天文年代学」が大きな威力を発揮した記念碑的な天文記録であった。今から100年以上もむかしの年代学者がコツコツと試行錯誤の計算をくりかえして, 成功の鍵をつかんだのだから頭が下がる。今ではパソコンを使って, アッという間に計算ができあがってしまう。

観測地はバグダットとすれば, *LON*=44°.3, *LAT*=33°.5。日付は−552 Ⅹ 23とする。この日の日出は6：09 LMTであるから, 夜明直前の5：30における情況を計算すると

−522 Ⅹ 23, 5h.5LMT バクダッドにて

| | 太陽 | 金星 | 火星 | 木星 | 土星 |
|---|---|---|---|---|---|
| *LAM* | 204°.00 | 163°.94 | 173°.67 | 169°.34 | 173°.48 |
| *BET* | 0.00 | +1°.64 | +1°.03 | +1°.27 | +2°.33 |
| *ELO* | − | −40°.06 | −30°.33 | −34°.66 | −30°.52 |
| *BR* | − | −3m.0 | +1m.9 | −1m.3 | +0m.8 |

図ⅩⅦ-2は, この日の未明に東の地平線上空に, ほぼ黄道にそって火土木金の4惑星がほとんど地平線に直立に並んで見えた様子を描いてある。4惑星はおとめ座にあったから, 附近にα Vir（1.m0), γ Vir（4.m2）も見えたことであろう。

ちなみに, この時に水星（0m.8）は太陽の東12°.75にあり夕星であったから, 5惑星全部の集合は見られなかった。

**図XⅦ-2　カンビサス王7年（−522）における四星集合。**

## 3.　『太平記』の中の三星合

『太平記』巻27,「天下妖怪の事」の条に,

「また6月10日（1349Ⅶ26）より，太白・辰星・歳星の三星合打ちつづきしかば，月日を経ずして大乱出来（しゅつたい）して，天子は位を失い，大臣は災を受け…餓死者は街に満つべし，と天文博士注説す。」

とある。建武の中興が失敗して南北朝が始ったあと，貞和5年（1349）閏6月には，足利直義（ただよし）は高師直（こうのもろなお）と不和となり，京都市内に騒擾がおこり，いったんは治まったかに見えた南北朝争乱もここに再燃するに至った。『太平記』はそ

のキッカケが「三星合」によって予兆されたと説く。

たしかにこの時の金水木の３惑星は，ふたご座にあり，金は木の西13°に，水は木の南東６°のへんにあり，暁の東天に相ついで昇ってきた。しかし，この時はまだ互いにかなり離れていて「三星合」とはいえなかった。しかし日を追って，３星は互いに接近して，Ⅶ12にはほんとうの三星合となった事は，陰陽寮の観測記録を書写したらしい下記の『園太暦』の記事からもうかがえる。すなわち，

「貞和５年６月28日（1349Ⅶ14）暁，月・太白・歳星・辰星四曜相合す。井度にあり。

三星合の事。閏６月５日（Ⅶ20）天晴れ。伝え聞く，この間三星合ありとうんぬん。尋ぬべし。天文の密奏案文相尋ぬ。

寮の頭（かみ）・親宣朝臣これに続けて，去る６月26日丙戌（Ⅶ12），暁寅の時，太白・歳星・辰星の３星相犯す。

太白と歳星は相去る２尺４寸，

太白と辰星は相去る１尺５寸のところ，

歳星と辰星は相去る２尺７寸のところ。

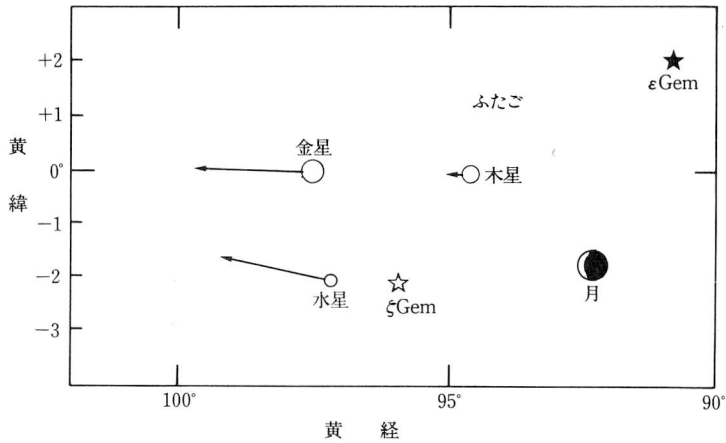
とある。陰陽寮の記事であるから内容が詳細である。

いっぽう，検算の日時としては６月26日寅の時（Ⅶ12，$4^h$）をとると，数値は下表のようになる。

A.D.1349 Ⅶ 12，$4^h$ L M T　京都にて

| | 太陽 | 水星 | 金星 | 木星 |
|---|---|---|---|---|
| *LAM* | 116°.75 | 97°.20 | 97°.50 | 94°.41 |
| *BET* | 0°.00 | −2°.04 | −0°.03 | −0°.07 |
| *ELO* | − | −19°.55 | −19°.25 | −22°.33 |
| *BR* | − | $+0^m.4$ | $-3^m.3$ | $-1^m.4$ |

図XⅦ-3には，この時の３惑星の位置を黄経・黄緯座標で示してある。ここはふたご座であり，附近にζGem（$3.^m8$），εGem（$3^m.0$）があるので，これらもプロットしてある。図から惑星間距離を読みとって，これを記録の「尺寸」値と並記とすると，

これから判断すると，陰陽寮司天官が天体間の距離を表わすのに使っていた「尺寸」とは，ほぼ

**図XⅦ-3　貞和5年6月26日（1349Ⅶ12）暁寅の時（4ʰa.m.）における水金木の集合の模様。2日後（Ⅶ14）4ʰにはそれぞれが矢印の端に移動した。その時月も近くにあった。**

| | 記事の寸法 | 検算値 | 検算／記事 |
|---|---|---|---|
| 金木の距離 | 2尺.4 | 3°.1 | 1.29 |
| 金水の距離 | 1尺.5 | 2°.0 | 1.33 |
| 木水の距離 | 2尺.7 | 3°.4 | 1.26 |
| | | 3値平均 | 1.29 |

1尺＝1°.3

であった事がわかる。この比率は他の司天官の測定でもほぼ同じであることが知られている。

記事には，さらに2日後（Ⅶ14）の暁方に，3惑星のほかに月がこれに加わって「四曜相合」したとある。念のため，月を加えて下に黄経・黄緯値を示す。

**A.D.1349 Ⅶ 14，4ʰ LMT　京都にて**

| | 太陽 | 月 | 水星 | 金星 | 木星 |
|---|---|---|---|---|---|
| *LAM* | 118°.66 | 92°.36 | 99°.25 | 99°.93 | 94°.85 |
| *BET* | 0°.00 | −1°.81 | −1°.54 | +0°.06 | −0°.07 |
| *ELO* | − | −26°.30 | −19°.41 | −18°.72 | −23°.81 |
| *BR* | − | − | +0ᵐ.1 | −3ᵐ.3 | −1ᵐ.4 |

上表の結果は図XⅦ-3に各惑星から矢印を出して，その先端をもって示してある。金水は2日前よりも木から離れてしまっている。その代わりに，月がふたご座に入ってきて「四曜相合」となっている。

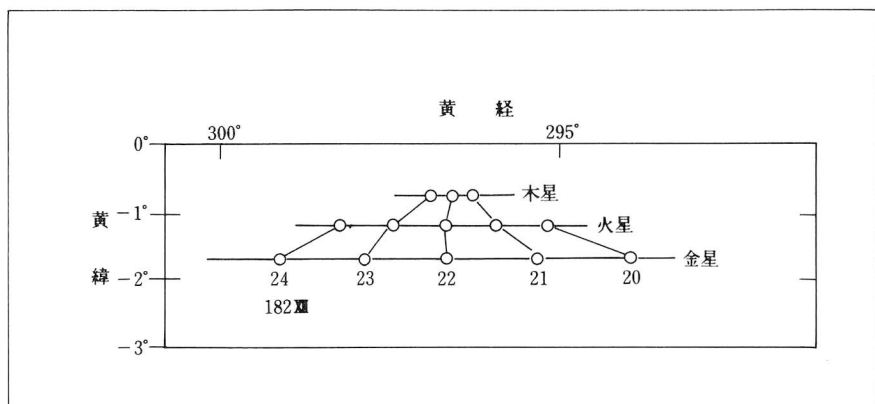
## 4.　三星連珠

A.D. 182 XⅡ［22］，後漢・光和５年10月，歳星・熒惑・太白三，虚に於て合，相去る各５，６寸。連珠の如し。（後漢書天文志）

原文には日付を欠くが，光和５年10月は A.D. 182 XⅠ14～XⅡ 12の間にあり，検算の結果はむしろ「11月」が適切か。すなわち，182 XⅡ 22夕に，木（－１．$^{m}$６）・火（＋１．$^{m}$４）・金（－３．$^{m}$４）が虚宿（みずがめ座）中の黄経296°で，北から南に並んで三星合。木火は間隔0°.4，火金は間隔0°.5で，記事の「連珠の如し」は適切な表現である。XⅡ 22，$18^{h}$ 洛陽平均時（JD 1767888.$^{d}$93777）における情況は下のとおり。

**182 XⅡ 22，$18^{h}$ ＬＭＴ　洛陽にて**

| | 太陽 | 木星 | 火星 | 金星 |
|---|---|---|---|---|
| *LAM* | 270°.47 | 296°.57 | 296°.48 | 296°.38 |
| *BET* | 0°.00 | −0°.76 | −1°.16 | −1°.66 |
| *ELO* | − | 26°.10 | 26°.01 | 25°.89 |
| *BR* | − | $-1^{m}.6$ | $+1^{m}.4$ | $-3^{m}.4$ |

なお，XⅡ 22の前後における木火金の運動の情況は図XⅦ-４に示してある。

図XⅦ-４　光和５年冬（182 XⅡ 20～24）における木火金の三星連珠。

# 附録1. 黄道帯恒星表

天球上で黄道の南北やく10°以内にある恒星は，月や惑星による掩犯を受け易い。天文古記録にも，しばしば掩犯された恒星の固有名や星宿名が記されている。それらの座標値は一般歳差と固有運動のために年々変動をしている。それを計算する方法は**第XⅡ章**で説明ずみであるが，個々の場合について計算するよりもあらかじめ「恒星表」を作っておくほうが便利である。

つぎに掲げる「恒星表」には，黄道に沿った明るい恒星の黄経・黄緯値を－400年から＋2000年まで100年間隔で計算してある。表値は単調増大であるから，その間の任意年の値は簡単な内挿法で求められる。

この恒星表と同類のものに，P.V. Neugebauer の『Sterntafeln』(1912) がある。これは全天球から309個の恒星を選び，100年間隔でそれらの赤経・赤緯度を0°.01の位まで示したものである。また，渡辺敏夫氏はノイゲバウエル表の補遺として，さらに210個を追加して『東方学報（京都)』第9冊付録に発表している。しかし，月星の掩犯や惑星現象の研究のためには，黄経・黄緯による表示の方が便利であるので，改めて黄道帯にふくまれる恒星の黄経・黄緯値の表をつくった次第である。用途によって両者を使いわけすれば，より便宜にかなうであろう。

表の最上欄には，その星の中国名を掲げてある。中国星名との同定は『中西対照・恒星図表』(1981，南京）と大崎正次著『中国の星座の歴史』(1987) とを参考にした。また表中の「Yale No.」とは，Yale 大学天文台発行の“Bright Star Catalogue”第4版 (1982) にのる星の整理番号である。このカタログの中から黄道に沿って明るい星219個を拾い出して，100年ごとにそれぞれの黄経・黄緯を計算したものである。

「星名（*BR*）」とある欄の左側は学用恒星名であり，算用数学は Flamsteed 式，ギリシャ文字は Bayer 式の表示である。右側の（*BR*）は実視等級（Johnson の UBV 方式）を示す。

*RA*，*V1*の欄は1900.0におけるその星の赤経値と１年間の固有運動の赤経成分である。

*DEC*，*V2*の欄は同じく赤緯値と赤緯成分である。これはすべて，Yale カタログから引用した。

表値が示すように，黄経値の増加は100年間に＋1°.38～1°.40ほどで，黄緯値の変動は非常に緩慢であるから按分が容易にできる。

なお原本には，No. 553 $\beta$ Ari が $\iota$ Ari, No. 4399 $\iota$ Leo が $\kappa$ Leo と誤植になっているので，訂正しておいた。また，哭星の同定は筆者独自の考えに基づいている。

| 中国名 | 壁距星 | | 奎距星 | | 外屏 | | 外屏 | | 右更 | | 婁 | | 婁距星 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO. | 39 | | 215 | | 224 | | 294 | | 510 | | 546 | | 553 | |
| 星名 (BR) | 88, $\gamma$ Peg ($2^m.83$) | | 34, $\zeta$ And ($4^m.06$) | | 63, $\delta$ Psc ($4^m.43$) | | 71, $\varepsilon$ Psc ($4^m.28$) | | 110, $o$ Psc ($4^m.26$) | | 5, $\gamma^2$Ari ($4^m.75$) | | 6, $\beta$ Ari ($2^m.64$) | |
| RA V1 | $0^h 8^m 5^s.1$ | ″003 | $0^h42^m2^s.1$ | −″100 | $0^h43^m29^s.6$ | ″083 | $0^h57^m45^s.1$ | −″080 | $1^h40^m6^s.7$ | +″071 | $1^h48^m2^s.4$ | ″079 | $1^h49^m6^s.8$ | ″097 |
| DEC V2 | 14°37′40″ | −″007 | 23°43′24″ | − 078 | 7° 2′27″ | −″046 | 7°21′6″ | ″028 | 8°39′16″ | ″052 | 18°48′13″ | −″100 | 20°19′9″ | −″108 |
| − 400$^y$ | 335°.88 | 12°.56 | 347°.42 | 17°.53 | 340°.78 | 2°.15 | 344°.23 | 0°.96 | 354°.34 | −1°.78 | 359°.85 | 7°.07 | 0°.63 | 8°.40 |
| − 300 | 337.26 | 12.56 | 348.79 | 17.54 | 342.16 | 2.15 | 345.61 | 0.97 | 355.72 | −1.78 | 1.23 | 7.07 | 2.01 | 8.40 |
| − 200 | 338.64 | 12.56 | 350.17 | 17.54 | 343.55 | 2.15 | 346.99 | 0.97 | 357.11 | −1.77 | 2.61 | 7.08 | 3.40 | 8.41 |
| − 100 | 340.02 | 12.56 | 351.54 | 17.54 | 344.93 | 2.15 | 348.37 | 0.98 | 358.49 | −1.76 | 4.00 | 7.08 | 4.78 | 8.41 |
| 0 | 341.40 | 12.56 | 352.92 | 17.54 | 346.32 | 2.15 | 349.75 | 0.98 | 359.88 | −1.76 | 5.38 | 7.08 | 6.16 | 8.41 |
| + 100 | 342.79 | 12.56 | 354.30 | 17.55 | 347.70 | 2.15 | 351.14 | 0.99 | 1.27 | −1.75 | 6.77 | 7.09 | 7.55 | 8.42 |
| 200 | 344.17 | 12.56 | 355.87 | 17.55 | 349.09 | 2.15 | 352.52 | 0.99 | 2.65 | −1.75 | 8.15 | 7.09 | 8.93 | 8.42 |
| 300 | 345.55 | 12.56 | 357.05 | 17.55 | 350.47 | 2.15 | 353.90 | 1.00 | 4.04 | −1.74 | 9.54 | 7.09 | 10.32 | 8.42 |
| 400 | 346.93 | 12.57 | 358.43 | 17.56 | 351.86 | 2.15 | 355.29 | 1.00 | 5.43 | −1.73 | 10.92 | 7.10 | 11.70 | 8.43 |
| 500 | 348.32 | 12.57 | 359.81 | 17.56 | 353.25 | 2.15 | 356.67 | 1.01 | 6.82 | −1.73 | 12.31 | 7.10 | 13.09 | 8.43 |
| 600 | 349.70 | 12.57 | 1.19 | 17.56 | 354.64 | 2.16 | 358.06 | 1.01 | 8.21 | −1.72 | 13.70 | 7.10 | 14.48 | 8.43 |
| 700 | 351.09 | 12.57 | 2.57 | 17.57 | 356.03 | 2.16 | 359.45 | 1.02 | 9.60 | −1.71 | 15.08 | 7.11 | 15.87 | 8.44 |
| 800 | 352.47 | 12.57 | 3.95 | 17.57 | 357.42 | 2.16 | 0.83 | 1.02 | 11.00 | −1.71 | 16.47 | 7.11 | 17.26 | 8.44 |
| 900 | 353.86 | 12.57 | 5.34 | 17.57 | 358.81 | 2.16 | 2.22 | 1.03 | 12.39 | −1.70 | 17.86 | 7.12 | 18.65 | 8.44 |
| 1000 | 355.25 | 12.58 | 6.72 | 17.58 | 0.20 | 2.16 | 3.61 | 1.03 | 13.78 | −1.69 | 19.25 | 7.12 | 20.04 | 8.45 |
| 1100 | 356.64 | 12.58 | 8.10 | 17.58 | 1.59 | 2.16 | 5.00 | 1.04 | 15.17 | −1.69 | 20.64 | 7.12 | 21.43 | 8.45 |
| 1200 | 358.03 | 12.58 | 9.49 | 17.58 | 2.98 | 2.16 | 6.39 | 1.04 | 16.57 | −1.68 | 22.03 | 7.13 | 22.82 | 8.45 |
| 1300 | 359.41 | 12.58 | 10.87 | 17.59 | 4.38 | 2.16 | 7.78 | 1.05 | 17.96 | −1.67 | 23.42 | 7.13 | 24.21 | 8.46 |
| 1400 | 0.80 | 12.58 | 12.26 | 17.59 | 5.77 | 2.17 | 9.17 | 1.06 | 19.36 | −1.67 | 24.82 | 7.14 | 25.60 | 8.46 |
| 1500 | 2.19 | 12.59 | 13.64 | 17.60 | 7.17 | 2.17 | 10.56 | 1.06 | 20.75 | −1.66 | 26.21 | 7.14 | 26.99 | 8.47 |
| 1600 | 3.59 | 12.59 | 15.03 | 17.60 | 8.56 | 2.17 | 11.95 | 1.07 | 22.15 | −1.65 | 27.60 | 7.14 | 28.39 | 8.47 |
| 1700 | 4.98 | 12.59 | 16.41 | 17.61 | 9.96 | 2.17 | 13.34 | 1.07 | 23.55 | −1.64 | 29.00 | 7.15 | 29.78 | 8.47 |
| 1800 | 6.37 | 12.59 | 17.80 | 17.61 | 11.35 | 2.17 | 14.74 | 1.08 | 24.95 | −1.64 | 30.39 | 7.15 | 31.18 | 8.48 |
| 1900 | 7.76 | 12.60 | 19.19 | 17.62 | 12.75 | 2.17 | 16.13 | 1.09 | 26.34 | −1.63 | 31.79 | 7.16 | 32.57 | 8.48 |
| 2000 | 9.16 | 12.60 | 20.58 | 17.62 | 14.15 | 2.18 | 17.52 | 1.09 | 27.74 | −1.62 | 33.18 | 7.16 | 33.97 | 8.49 |

| 中国名 | 娄 | | 外屏 | | 娄 | | 娄 | | 天囷 | | 娄 | | 天囷 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO. | 563 | | 596 | | 617 | | 646 | | 649 | | 669 | | 718 | |
| 星名 (BR) | 8, ι Ari ($5^{m}.10$) | | 113, α Psc($4^{m}.33$) | | 13, α Ari ($2^{m}.00$) | | 17, η Ari ($5^{m}.27$) | | 65, $\xi^{1}$Cet ($4^{m}.37$) | | 22, θ Ari ($5^{m}.62$) | | 73, $\xi^{2}$Cet($4^{m}.28$) | |
| RA V1 | $1^{h}51^{m}53^{s}.1$ | ″036 | $1^{h}56^{m}52^{s}.3$ | ″030 | $2^{h}1^{m}32^{s}.0$ | ″190 | $2^{h}7^{m}12^{s}.0$ | ″161 | $2^{h}7^{m}41^{s}.9$ | −″025 | $2^{h}12^{m}33^{s}.6$ | −″011 | $2^{h}22^{m}50^{s}.4$ | ″037 |
| DEC V2 | 17°19′46″ | −″016 | 2°16′51″ | ″000 | 22°59′23″ | −″144 | 20°44′28″ | +″007 | 8°22′40″ | −″003 | 19°26′19″ | ″003 | 8° 0′43″ | −″004 |
| − 400$^{y}$ | 0°.18 | 5°.31 | 355°.97 | −9°.21 | 4°.28 | 9°.91 | 4°.72 | 7°.24 | 0°.70 | −4°.45 | 5°.56 | 5°.55 | 4°.07 | −6°.03 |
| − 300 | 1.56 | 5.31 | 357.38 | −9.20 | 5.66 | 9.91 | 6.10 | 7.25 | 2.08 | −4.44 | 6.94 | 5.56 | 5.45 | −6.03 |
| − 200 | 2.95 | 5.32 | 358.74 | −9.20 | 7.05 | 9.91 | 7.49 | 7.26 | 3.46 | −4.43 | 8.32 | 5.57 | 6.84 | −6.02 |
| − 100 | 4.33 | 5.32 | 0.13 | −9.19 | 8.43 | 9.91 | 8.87 | 7.26 | 4.84 | −4.43 | 9.71 | 5.58 | 8.22 | −6.02 |
| 0 | 5.71 | 5.33 | 1.52 | −9.19 | 9.82 | 9.91 | 10.26 | 7.27 | 6.23 | −4.42 | 11.09 | 5.59 | 9.61 | −6.01 |
| + 100 | 7.10 | 5.34 | 2.90 | −9.18 | 11.20 | 9.92 | 11.65 | 7.27 | 7.61 | −4.41 | 12.47 | 5.59 | 11.00 | −6.00 |
| 200 | 8.48 | 5.34 | 4.29 | −9.18 | 12.59 | 9.92 | 13.03 | 7.28 | 9.00 | −4.41 | 13.86 | 5.60 | 12.38 | −5.99 |
| 300 | 9.87 | 5.35 | 5.68 | −9.17 | 13.98 | 9.92 | 14.42 | 7.29 | 10.39 | −4.40 | 15.24 | 5.61 | 13.77 | −5.98 |
| 400 | 11.25 | 5.35 | 7.07 | −9.16 | 15.37 | 9.92 | 15.81 | 7.29 | 11.77 | −4.39 | 16.63 | 5.62 | 15.16 | −5.98 |
| 500 | 12.64 | 5.36 | 8.46 | −9.16 | 16.75 | 9.92 | 17.20 | 7.30 | 13.16 | −4.38 | 18.01 | 5.63 | 16.55 | −5.97 |
| 600 | 14.03 | 5.37 | 9.85 | −9.15 | 18.14 | 9.93 | 18.59 | 7.31 | 14.55 | −4.38 | 19.40 | 5.63 | 17.94 | −5.96 |
| 700 | 15.42 | 5.37 | 11.24 | −9.15 | 19.53 | 9.93 | 19.98 | 7.31 | 15.94 | −4.37 | 20.78 | 5.64 | 19.33 | −5.96 |
| 800 | 16.80 | 5.38 | 12.63 | −9.14 | 20.93 | 9.93 | 21.38 | 7.32 | 17.32 | −4.36 | 22.17 | 5.65 | 20.72 | −5.95 |
| 900 | 18.19 | 5.39 | 14.02 | −9.13 | 22.32 | 9.93 | 22.77 | 7.33 | 18.71 | −4.35 | 23.56 | 5.66 | 22.12 | −5.94 |
| 1000 | 19.58 | 5.39 | 15.42 | −9.13 | 23.71 | 9.94 | 24.16 | 7.33 | 20.10 | −4.35 | 24.95 | 5.67 | 23.51 | −5.93 |
| 1100 | 20.97 | 5.40 | 16.81 | −9.12 | 25.10 | 9.94 | 25.56 | 7.34 | 21.50 | −4.34 | 26.34 | 5.68 | 24.90 | −5.93 |
| 1200 | 22.37 | 5.41 | 18.20 | −9.11 | 26.49 | 9.94 | 26.95 | 7.35 | 22.89 | −4.33 | 27.73 | 5.68 | 26.30 | −5.92 |
| 1300 | 23.76 | 5.41 | 19.60 | −9.11 | 27.89 | 9.94 | 28.31 | 7.35 | 24.28 | −4.32 | 29.12 | 5.69 | 27.69 | −5.91 |
| 1400 | 25.15 | 5.42 | 20.99 | −9.10 | 29.28 | 9.95 | 29.74 | 7.36 | 25.67 | −4.32 | 30.51 | 5.70 | 29.09 | −5.90 |
| 1500 | 26.54 | 5.43 | 22.39 | −9.10 | 30.68 | 9.95 | 31.14 | 7.37 | 27.07 | −4.31 | 31.90 | 5.71 | 30.48 | −5.90 |
| 1600 | 27.94 | 5.43 | 23.79 | −9.09 | 32.07 | 9.95 | 32.53 | 7.38 | 28.46 | −4.30 | 33.30 | 5.72 | 31.88 | −5.89 |
| 1700 | 29.33 | 5.44 | 25.18 | −9.08 | 33.47 | 9.96 | 33.93 | 7.38 | 29.85 | −4.29 | 34.69 | 5.73 | 33.28 | −5.88 |
| 1800 | 30.73 | 5.45 | 26.58 | −9.07 | 34.87 | 9.96 | 35.33 | 7.39 | 31.25 | −4.28 | 36.08 | 5.74 | 34.68 | −5.87 |
| 1900 | 32.12 | 5.46 | 27.98 | −9.07 | 36.26 | 9.96 | 36.73 | 7.40 | 32.64 | −4.28 | 37.48 | 5.75 | 36.07 | −5.86 |
| 2000 | 33.52 | 5.46 | 29.38 | −9.06 | 37.66 | 9.97 | 38.13 | 7.41 | 34.04 | −4.27 | 38.87 | 5.76 | 37.47 | −5.86 |

| 中国名 | 左更 | | 胃 | | 胃距星 | | 左更 | | 天囷 | | 胃 | | 胃 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO.<br>星名 (BR)<br>RA V1<br>DEC V2 | 773<br>32, ν Ari ($5^m.30$)<br>$2^h33^m8^s.1$ −″008<br>21°31′45″ −″014 | | 782<br>33 Ari ($5^m.30$)<br>$2^h34^m50^s.2$ ″067<br>26°37′54″ −″027 | | 801<br>35 Ari ($4^m.66$)<br>$2^h37^m34^s.8$ ″008<br>27°16′54″ −″007 | | 809<br>37, ο Ari ($5^m.77$)<br>$2^h39^m2^s.2$ −″003<br>14°53′19″ −″016 | | 813<br>87, μ Cet ($4^m.27$)<br>$2^h39^m32^s.1$ ″281<br>9°41′31″ −″030 | | 824<br>39 Ari ($4^m.51$)<br>$2^h41^m57^s.1$ ″150<br>28°49′55″ −″119 | | 838<br>41 Ari ($3^m.63$)<br>$2^h44^m5^s.7$ ″067<br>26°50′54″ −″112. | |
| − $400^y$ | 10°.83 | 5°.96 | 12°.80 | 10°.69 | 13°.63 | 11°.09 | 10°.07 | −0°.79 | 8°.40 | −5°.70 | 15°.00 | 12°.35 | 14°.88 | 10°.30 |
| − 300 | 12.21 | 5.96 | 14.18 | 10.70 | 15.01 | 11.10 | 11.45 | −0.78 | 9.79 | −5.70 | 16.38 | 12.36 | 16.26 | 10.30 |
| − 200 | 13.59 | 5.98 | 15.56 | 10.71 | 16.39 | 11.11 | 12.84 | −0.77 | 11.18 | −5.69 | 17.77 | 12.36 | 17.64 | 10.31 |
| − 100 | 14.97 | 5.98 | 16.95 | 10.71 | 17.78 | 11.12 | 14.22 | −0.76 | 12.58 | −5.69 | 19.15 | 12.37 | 19.03 | 10.32 |
| 0 | 16.35 | 5.99 | 18.33 | 10.72 | 19.16 | 11.12 | 15.60 | −0.75 | 13.97 | −5.68 | 20.54 | 12.37 | 20.41 | 10.32 |
| + 100 | 17.74 | 6.00 | 19.71 | 10.73 | 20.54 | 11.13 | 16.99 | −0.75 | 15.36 | −5.68 | 21.92 | 12.38 | 21.79 | 10.33 |
| 200 | 19.12 | 6.01 | 21.10 | 10.74 | 21.92 | 11.14 | 18.37 | −0.74 | 16.75 | −5.67 | 23.31 | 12.38 | 23.18 | 10.34 |
| 300 | 20.51 | 6.01 | 22.49 | 10.75 | 23.31 | 11.15 | 19.76 | −0.73 | 18.15 | −5.67 | 24.70 | 12.39 | 24.56 | 10.34 |
| 400 | 21.89 | 6.02 | 23.87 | 10.75 | 24.69 | 11.16 | 21.15 | −0.72 | 19.54 | −5.66 | 26.08 | 12.39 | 25.95 | 10.35 |
| 500 | 23.28 | 6.03 | 25.26 | 10.76 | 26.08 | 11.17 | 22.53 | −0.71 | 20.94 | −5.65 | 27.47 | 12.40 | 27.33 | 10.35 |
| 600 | 24.66 | 6.04 | 26.65 | 10.77 | 27.46 | 11.18 | 23.92 | −0.70 | 22.33 | −5.65 | 28.86 | 12.40 | 28.72 | 10.36 |
| 700 | 26.05 | 6.05 | 28.03 | 10.78 | 28.85 | 11.19 | 25.31 | −0.70 | 23.73 | −5.64 | 30.25 | 12.41 | 30.11 | 10.36 |
| 800 | 27.44 | 6.06 | 29.42 | 10.79 | 30.24 | 11.20 | 26.70 | −0.69 | 25.13 | −5.64 | 31.64 | 12.41 | 31.50 | 10.37 |
| 900 | 28.83 | 6.07 | 30.81 | 10.79 | 31.63 | 11.21 | 28.09 | −0.68 | 26.53 | −5.63 | 33.03 | 12.42 | 32.89 | 10.38 |
| 1000 | 30.21 | 6.08 | 32.20 | 10.80 | 33.01 | 11.22 | 29.48 | −0.67 | 27.92 | −5.63 | 34.42 | 12.42 | 34.27 | 10.38 |
| 1100 | 31.60 | 6.08 | 33.59 | 10.81 | 34.40 | 11.23 | 30.87 | −0.66 | 29.32 | −5.62 | 35.81 | 12.43 | 35.66 | 10.39 |
| 1200 | 32.99 | 6.09 | 34.98 | 10.82 | 35.79 | 11.24 | 32.26 | −0.65 | 30.72 | −5.62 | 37.20 | 12.44 | 37.06 | 10.40 |
| 1300 | 34.38 | 6.10 | 36.38 | 10.83 | 37.18 | 11.24 | 33.65 | −0.64 | 32.12 | −5.61 | 38.60 | 12.44 | 38.45 | 10.40 |
| 1400 | 35.78 | 6.11 | 37.77 | 10.84 | 38.57 | 11.25 | 35.04 | −0.63 | 33.52 | −5.60 | 39.99 | 12.45 | 39.84 | 10.41 |
| 1500 | 37.17 | 6.12 | 39.16 | 10.84 | 39.97 | 11.26 | 36.44 | −0.63 | 34.93 | −5.60 | 41.39 | 12.45 | 41.23 | 10.42 |
| 1600 | 38.56 | 6.13 | 40.55 | 10.85 | 41.36 | 11.27 | 37.83 | −0.62 | 36.33 | −5.59 | 42.78 | 12.46 | 42.62 | 10.42 |
| 1700 | 39.95 | 6.14 | 41.95 | 10.86 | 42.75 | 11.28 | 39.22 | −0.61 | 37.73 | −5.59 | 44.18 | 12.46 | 44.02 | 10.43 |
| 1800 | 41.35 | 6.15 | 43.34 | 10.87 | 44.15 | 11.29 | 40.62 | −0.60 | 39.13 | −5.58 | 45.57 | 12.47 | 45.41 | 10.44 |
| 1900 | 42.74 | 6.16 | 44.74 | 10.88 | 45.54 | 11.30 | 42.02 | −0.59 | 40.54 | −5.57 | 46.97 | 12.48 | 46.81 | 10.44 |
| 2000 | 44.14 | 6.17 | 46.14 | 10.89 | 46.93 | 11.31 | 43.41 | −0.58 | 41.94 | −5.57 | 48.37 | 12.48 | 48.20 | 10.45 |

| 中国名 | 左更 | | 左更 | | 左更 | | 天陰 | | 天囷 | | 天陰 | | 天陰 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO.<br>星名 (BR)<br>RA V1<br>DEC V2 | 847<br>43, σ Ari $(5^m.49)$<br>$2^h45^m58^s.2$ ″032<br>14°40′13″ −″024 | | 869<br>46, $\rho^3$Ari $(5^m.63)$<br>$2^h50^m47^s.3$ ″276<br>17°37′28″ −″207 | | 887<br>48, ε Ari $(4^m.63)$<br>$2^h53^m29^s.5$ −″017<br>20°56′26″ −″002 | | 896<br>91, λ Cet $(4^m.70)$<br>$2^h54^m21^s.2$ ″003<br>8°30′32″ −″010 | | 911<br>92, α Cet $(2^m.53)$<br>$2^h57^m3^s.0$ −″012<br>3°41′51″ −″074 | | 951<br>57, δ Ari $(4^m.35)$<br>$3^h5^m54^s.5$ ″151<br>19°20′55″ −″007 | | 972<br>58, ζ Ari $(4^m.89)$<br>$3^h9^m9^s.1$ −″027<br>20°40′26″ −″071 | |
| $-400^y$ | 11°.58 | −1°.50 | 13°.45 | 1°.14 | 15°.18 | 3°.94 | 11°.72 | −8°.00 | 10°.95 | −12°.76 | 17°.42 | 1°.61 | 18°.64 | 2°.68 |
| −300 | 12.96 | −1.49 | 14.84 | 1.14 | 16.56 | 3.95 | 13.10 | −7.99 | 12.33 | −12.75 | 18.81 | 1.62 | 20.02 | 2.69 |
| −200 | 14.35 | −1.48 | 16.23 | 1.14 | 17.95 | 3.95 | 14.49 | −7.99 | 13.72 | −12.75 | 20.19 | 1.63 | 21.40 | 2.70 |
| −100 | 15.73 | −1.47 | 17.62 | 1.14 | 19.33 | 3.96 | 15.87 | −7.98 | 15.10 | −12.74 | 21.58 | 1.64 | 22.78 | 2.71 |
| 0 | 17.12 | −1.46 | 19.01 | 1.14 | 20.71 | 3.97 | 17.26 | −7.97 | 16.49 | −12.73 | 22.97 | 1.64 | 24.17 | 2.72 |
| +100 | 18.50 | −1.46 | 20.40 | 1.14 | 22.09 | 3.98 | 18.64 | −7.96 | 17.87 | −12.73 | 24.36 | 1.65 | 25.55 | 2.72 |
| 200 | 19.89 | −1.45 | 21.79 | 1.14 | 23.48 | 3.99 | 20.03 | −7.95 | 19.26 | −12.72 | 25.75 | 1.66 | 26.93 | 2.73 |
| 300 | 21.28 | −1.44 | 23.18 | 1.15 | 24.86 | 4.00 | 21.42 | −7.94 | 20.65 | −12.71 | 27.14 | 1.67 | 28.32 | 2.74 |
| 400 | 22.66 | −1.43 | 24.57 | 1.15 | 26.25 | 4.01 | 22.81 | −7.93 | 22.03 | −12.71 | 28.53 | 1.68 | 29.70 | 2.75 |
| 500 | 24.05 | −1.42 | 25.96 | 1.15 | 27.63 | 4.02 | 24.19 | −7.92 | 23.42 | −12.70 | 29.92 | 1.69 | 31.09 | 2.76 |
| 600 | 25.44 | −1.42 | 27.36 | 1.15 | 29.02 | 4.03 | 25.58 | −7.92 | 24.81 | −12.69 | 31.31 | 1.70 | 32.47 | 2.77 |
| 700 | 26.83 | −1.41 | 28.75 | 1.15 | 30.41 | 4.04 | 26.97 | −7.91 | 26.20 | −12.68 | 32.70 | 1.71 | 33.86 | 2.78 |
| 800 | 28.22 | −1.40 | 30.15 | 1.15 | 31.80 | 4.05 | 28.36 | −7.90 | 27.59 | −12.68 | 34.09 | 1.71 | 35.25 | 2.78 |
| 900 | 29.61 | −1.39 | 31.54 | 1.16 | 33.18 | 4.06 | 29.75 | −7.89 | 28.98 | −12.67 | 35.49 | 1.72 | 36.63 | 2.79 |
| 1000 | 31.00 | −1.38 | 32.94 | 1.16 | 34.57 | 4.07 | 31.15 | −7.88 | 30.37 | −12.66 | 36.88 | 1.73 | 38.02 | 2.80 |
| 1100 | 32.39 | −1.37 | 34.33 | 1.16 | 35.96 | 4.08 | 32.54 | −7.87 | 31.77 | −12.66 | 38.27 | 1.74 | 39.41 | 2.81 |
| 1200 | 33.78 | −1.36 | 35.73 | 1.16 | 37.35 | 4.09 | 33.93 | −7.86 | 33.16 | −12.65 | 39.67 | 1.75 | 40.80 | 2.82 |
| 1300 | 35.18 | −1.36 | 37.13 | 1.16 | 38.74 | 4.10 | 35.32 | −7.85 | 34.55 | −12.64 | 41.07 | 1.76 | 42.19 | 2.83 |
| 1400 | 36.57 | −1.35 | 38.53 | 1.17 | 40.14 | 4.11 | 36.72 | −7.84 | 35.94 | −12.63 | 42.46 | 1.77 | 43.58 | 2.84 |
| 1500 | 37.96 | −1.34 | 39.92 | 1.17 | 41.53 | 4.12 | 38.11 | −7.83 | 37.34 | −12.62 | 43.86 | 1.78 | 44.97 | 2.85 |
| 1600 | 39.36 | −1.33 | 41.32 | 1.17 | 42.92 | 4.13 | 39.51 | −7.82 | 38.73 | −12.62 | 45.26 | 1.79 | 46.37 | 2.86 |
| 1700 | 40.75 | −1.32 | 42.72 | 1.17 | 44.31 | 4.14 | 40.90 | −7.81 | 40.13 | −12.61 | 46.65 | 1.80 | 47.76 | 2.86 |
| 1800 | 42.15 | −1.31 | 44.12 | 1.18 | 45.71 | 4.15 | 42.30 | −7.81 | 41.53 | −12.60 | 48.05 | 1.81 | 49.15 | 2.87 |
| 1900 | 43.55 | −1.30 | 45.52 | 1.18 | 47.10 | 4.16 | 43.70 | −7.80 | 42.92 | −12.59 | 49.45 | 1.81 | 50.55 | 2.88 |
| 2000 | 44.94 | −1.29 | 46.93 | 1.18 | 48.50 | 4.17 | 45.09 | −7.79 | 44.32 | −12.59 | 50.85 | 1.82 | 51.94 | 2.89 |

| 中国名 | 天陰 | | 天廩 | | 天廩 | | 天廩 | | 天陰 | | 昴 | | 昴距星 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO. | 1015 | | 1030 | | 1038 | | 1066 | | 1126 | | 1140 | | 1142 | |
| 星名 (BR) | 63, $\tau^2$ Ari | ($5^m.09$) | 1, $o$ Tau | ($3^m.60$) | 2, $\xi$ Tau | ($3^m.74$) | 5 Tau | ($4^m.11$) | 13 Tau | ($5^m.69$) | 16 Tau | ($5^m.46$) | 17 Tau | ($3^m.70$) |
| RA V1 | $3^h16^m59^s.8$ | −″044 | $3^h19^m25^s.8$ | −″068 | $3^h21^m44^s.9$ | ″058 | $3^h25^m21^s.0$ | ″019 | $3^h36^m32^s.8$ | ″001 | $3^h38^m51^s.4$ | ″012 | $3^h38^m56^s.1$ | ″019 |
| DEC V2 | 20°23′ 4″ | −″020 | 8°40′37″ | −″075 | 9°23′ 3″ | −″035 | 12°35′39″ | ″002 | 19°22′48″ | −″010 | 23°58′30″ | −″043 | 23°47′57″ | −″042 |
| − 400ʸ | 20°.39 | 1°.88 | 17°.85 | −9°.54 | 18°.51 | −9°.01 | 20°.22 | −6°.17 | 24°.51 | −0°.24 | 26°.10 | 4°.12 | 26°.08 | 3°.95 |
| − 300 | 21.72 | 1.89 | 19.23 | −9.54 | 19.89 | −9.01 | 21.60 | −6.16 | 25.89 | −0.23 | 27.49 | 4.13 | 27.46 | 3.96 |
| − 200 | 23.10 | 1.90 | 20.61 | −9.53 | 21.28 | −9.00 | 22.99 | −6.15 | 27.27 | −0.22 | 28.87 | 4.14 | 28.84 | 3.97 |
| − 100 | 24.48 | 1.91 | 21.99 | −9.52 | 22.66 | −8.99 | 24.38 | −6.14 | 28.65 | −0.21 | 30.25 | 4.15 | 30.22 | 3.98 |
| 0 | 25.86 | 1.92 | 23.37 | −9.51 | 24.05 | −8.98 | 25.76 | −6.13 | 30.04 | −0.20 | 31.63 | 4.16 | 31.61 | 3.99 |
| + 100 | 27.24 | 1.93 | 24.76 | −9.50 | 25.44 | −8.97 | 27.14 | −6.12 | 31.42 | −0.19 | 33.02 | 4.17 | 32.99 | 4.00 |
| 200 | 28.63 | 1.94 | 26.14 | −9.49 | 26.83 | −8.96 | 28.53 | −6.11 | 32.81 | −0.18 | 34.40 | 4.18 | 34.38 | 4.01 |
| 300 | 30.01 | 1.95 | 27.53 | −9.49 | 28.21 | −8.95 | 29.92 | −6.10 | 34.19 | −0.17 | 35.79 | 4.19 | 35.76 | 4.02 |
| 400 | 31.40 | 1.96 | 28.91 | −9.48 | 29.60 | −8.95 | 31.30 | −6.09 | 35.58 | −0.16 | 37.17 | 4.20 | 37.15 | 4.03 |
| 500 | 32.78 | 1.97 | 30.30 | −9.47 | 30.99 | −8.94 | 32.69 | −6.08 | 36.97 | −0.15 | 38.56 | 4.21 | 38.54 | 4.04 |
| 600 | 34.17 | 1.98 | 31.69 | −9.46 | 32.38 | −8.93 | 34.08 | −6.07 | 38.35 | −0.13 | 39.95 | 4.22 | 39.92 | 4.05 |
| 700 | 35.55 | 1.99 | 33.07 | −9.45 | 33.78 | −8.92 | 35.47 | −6.06 | 39.74 | −0.12 | 41.34 | 4.23 | 41.31 | 4.06 |
| 800 | 36.94 | 2.00 | 34.46 | −9.44 | 35.17 | −8.91 | 36.86 | −6.05 | 41.13 | −0.11 | 42.72 | 4.24 | 42.70 | 4.07 |
| 900 | 38.33 | 2.01 | 35.85 | −9.44 | 36.56 | −8.90 | 38.25 | −6.03 | 42.52 | −0.10 | 44.11 | 4.25 | 44.09 | 4.08 |
| 1000 | 39.72 | 2.02 | 37.24 | −9.43 | 37.95 | −8.89 | 39.64 | −6.02 | 43.91 | −0.09 | 45.50 | 4.26 | 45.48 | 4.09 |
| 1100 | 41.11 | 2.03 | 38.63 | −9.42 | 39.34 | −8.88 | 41.04 | −6.01 | 45.30 | −0.08 | 46.89 | 4.27 | 46.87 | 4.10 |
| 1200 | 42.50 | 2.04 | 40.02 | −9.41 | 40.74 | −8.87 | 42.43 | −6.00 | 46.69 | −0.07 | 48.28 | 4.28 | 48.26 | 4.11 |
| 1300 | 43.89 | 2.05 | 41.41 | −9.40 | 42.13 | −8.86 | 43.82 | −5.99 | 48.09 | −0.06 | 49.68 | 4.29 | 49.65 | 4.12 |
| 1400 | 45.28 | 2.06 | 42.80 | −9.39 | 43.53 | −8.86 | 45.22 | −5.98 | 49.48 | −0.05 | 51.07 | 4.30 | 51.04 | 4.13 |
| 1500 | 46.67 | 2.07 | 44.19 | −9.38 | 44.92 | −8.85 | 46.61 | −5.97 | 50.87 | −0.04 | 52.46 | 4.31 | 52.44 | 4.14 |
| 1600 | 48.06 | 2.08 | 45.59 | −9.37 | 46.32 | −8.84 | 48.01 | −5.96 | 52.27 | −0.02 | 53.85 | 4.32 | 53.83 | 4.15 |
| 1700 | 49.46 | 2.09 | 46.98 | −9.36 | 47.72 | −8.83 | 49.40 | −5.95 | 53.70 | −0.01 | 55.25 | 4.33 | 55.23 | 4.16 |
| 1800 | 50.85 | 2.11 | 48.37 | −9.35 | 49.12 | −8.82 | 50.80 | −5.94 | 55.05 | 0.00 | 56.64 | 4.34 | 56.62 | 4.17 |
| 1900 | 52.24 | 2.12 | 49.77 | −9.34 | 50.51 | −8.81 | 52.20 | −5.93 | 56.45 | +0.01 | 58.04 | 4.36 | 58.02 | 4.18 |
| 2000 | 53.64 | 2.13 | 51.16 | −9.33 | 51.91 | −8.80 | 53.59 | −5.92 | 57.85 | 0.02 | 59.43 | 4.37 | 59.41 | 4.19 |

| 中国名 | 昴 | | 昴 | | 昴 | | 昴 | | 昴 | | 昴 | | 昴 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO.<br>星名 (BR)<br>RA V1<br>DEC V2 | 1144<br>18 Tau<br>$3^h39^m11^s.6$<br>24°31′32″ | <br>$(5^m.64)$<br>″020<br>−″044 | 1149<br>20 Tau<br>$3^h39^m52^s.4$<br>24° 3′19″ | <br>$(3^m.87)$<br>″021<br>−″043 | 1151<br>21 Tau<br>$3^h39^m56^s.8$<br>24°14′32″ | <br>$(5^m.76)$<br>″012<br>−″039 | 1152<br>22 Tau<br>$3^h40^m 5^s.3$<br>24°12′57″ | <br>$(6^m.43)$<br>″015<br>−″041 | 1156<br>23 Tau<br>$3^h40^m23^s.3$<br>23°38′13″ | <br>$(4^m.18)$<br>″022<br>−″042 | 1165<br>25, η Tau<br>$3^h41^m32^s.3$<br>23°47′46″ | <br>$(2^m.87)$<br>″019<br>−″044 | 1178<br>27 Tau<br>$3^h43^m12^s.8$<br>23°44′52″ | <br>$(3^m.63)$<br>″018<br>−″043 |
| − 400ʸ | 26°.30 | 4°.64 | 26°.34 | 4°.15 | 26°.41 | 4°.32 | 26°.43 | 4°.29 | 26°.36 | 3°.71 | 26°.66 | 3°.81 | 27°.02 | 3°.67 |
| − 300 | 27.68 | 4.65 | 27.73 | 4.16 | 27.79 | 4.33 | 27.81 | 4.30 | 27.74 | 3.72 | 28.04 | 3.82 | 28.40 | 3.68 |
| − 200 | 29.07 | 4.66 | 29.11 | 4.17 | 29.17 | 4.34 | 29.20 | 4.31 | 29.13 | 3.73 | 29.42 | 3.83 | 29.78 | 3.69 |
| − 100 | 30.45 | 4.67 | 30.49 | 4.18 | 30.56 | 4.35 | 30.58 | 4.32 | 30.51 | 3.74 | 30.80 | 3.84 | 31.17 | 3.70 |
| 0 | 31.83 | 4.68 | 31.87 | 4.19 | 31.94 | 4.36 | 31.96 | 4.33 | 31.89 | 3.75 | 32.19 | 3.85 | 32.55 | 3.71 |
| + 100 | 33.22 | 4.69 | 33.26 | 4.20 | 33.32 | 4.37 | 33.35 | 4.34 | 33.28 | 3.76 | 33.57 | 3.86 | 33.94 | 3.72 |
| 200 | 34.60 | 4.70 | 34.64 | 4.21 | 34.71 | 4.38 | 34.73 | 4.35 | 34.66 | 3.77 | 34.96 | 3.87 | 35.32 | 3.73 |
| 300 | 35.99 | 4.71 | 36.03 | 4.22 | 36.09 | 4.39 | 36.12 | 4.36 | 36.05 | 3.78 | 36.34 | 3.88 | 36.71 | 3.74 |
| 400 | 37.37 | 4.72 | 37.42 | 4.23 | 37.48 | 4.40 | 37.50 | 4.37 | 37.43 | 3.79 | 37.73 | 3.89 | 38.09 | 3.75 |
| 500 | 38.76 | 4.73 | 38.80 | 4.24 | 38.87 | 4.41 | 38.89 | 4.38 | 38.82 | 3.80 | 39.12 | 3.90 | 39.48 | 3.76 |
| 600 | 40.15 | 4.74 | 40.19 | 4.25 | 40.25 | 4.42 | 40.28 | 4.39 | 40.21 | 3.81 | 40.50 | 3.91 | 40.87 | 3.77 |
| 700 | 41.54 | 4.75 | 41.58 | 4.26 | 41.64 | 4.43 | 41.67 | 4.40 | 41.60 | 3.82 | 41.89 | 3.92 | 42.25 | 3.78 |
| 800 | 42.93 | 4.76 | 42.97 | 4.27 | 43.03 | 4.44 | 43.05 | 4.41 | 42.99 | 3.83 | 43.28 | 3.93 | 43.64 | 3.79 |
| 900 | 44.31 | 4.77 | 44.36 | 4.28 | 44.42 | 4.45 | 44.44 | 4.42 | 44.37 | 3.84 | 44.67 | 3.94 | 45.03 | 3.80 |
| 1000 | 45.70 | 4.78 | 45.75 | 4.29 | 45.81 | 4.46 | 45.83 | 4.43 | 45.76 | 3.85 | 46.06 | 3.95 | 46.42 | 3.81 |
| 1100 | 47.09 | 4.79 | 47.14 | 4.30 | 47.20 | 4.47 | 47.22 | 4.44 | 47.16 | 3.86 | 47.46 | 3.96 | 47.82 | 3.82 |
| 1200 | 48.49 | 4.80 | 48.53 | 4.31 | 48.59 | 4.48 | 48.61 | 4.45 | 48.55 | 3.87 | 48.84 | 3.97 | 49.20 | 3.83 |
| 1300 | 49.88 | 4.81 | 49.92 | 4.32 | 49.98 | 4.49 | 50.01 | 4.46 | 49.94 | 3.88 | 50.23 | 3.98 | 50.60 | 3.84 |
| 1400 | 51.27 | 4.82 | 51.31 | 4.33 | 51.37 | 4.51 | 51.40 | 4.47 | 51.33 | 3.89 | 51.62 | 3.99 | 51.99 | 3.85 |
| 1500 | 52.66 | 4.83 | 52.71 | 4.34 | 52.77 | 4.52 | 52.79 | 4.48 | 52.72 | 3.90 | 53.02 | 4.00 | 53.38 | 3.87 |
| 1600 | 54.06 | 4.84 | 54.10 | 4.35 | 54.16 | 4.53 | 54.18 | 4.49 | 54.12 | 3.91 | 54.41 | 4.01 | 54.77 | 3.88 |
| 1700 | 55.45 | 4.85 | 55.49 | 4.36 | 55.55 | 4.54 | 55.58 | 4.50 | 55.51 | 3.92 | 55.81 | 4.02 | 56.17 | 3.89 |
| 1800 | 56.85 | 4.86 | 56.89 | 4.37 | 56.95 | 4.55 | 56.97 | 4.51 | 56.91 | 3.94 | 57.20 | 4.03 | 57.56 | 3.90 |
| 1900 | 58.24 | 4.87 | 58.28 | 4.38 | 58.34 | 4.56 | 58.37 | 4.52 | 58.30 | 3.95 | 58.60 | 4.04 | 58.96 | 3.91 |
| 2000 | 59.64 | 4.88 | 59.68 | 4.39 | 59.74 | 4.57 | 59.76 | 4.54 | 59.70 | 3.96 | 59.99 | 4.05 | 60.36 | 3.92 |

| 中国名 | 昴 | | 昴 | | 畢 | | 月星 | | 畢右股大星 | | 畢 | | 天街 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO.<br>星名 (BR)<br>RA V1<br>DEC V2 | 1180<br>28 Tau (5$^m$.09)<br>$3^h43^m14^s.1$ ″014<br>23°49′52″ −″047 | | 1218<br>32 Tau (5$^m$.63)<br>$3^h50^m57^s.4$ ″068<br>22°11′24″ −″106 | | 1239<br>35, λ Tau (3$^m$.47)<br>$3^h55^m 8^s.3$ −″007<br>12°12′28″ −″009 | | 1256<br>37 Tau (4$^m$.36)<br>$3^h58^m46^s.8$ ″092<br>21°48′32″ −″056 | | 1346<br>54, γ Tau (3$^m$.65)<br>$4^h14^m 6^s.0$ ″116<br>15°23′11″ −″024 | | 1373<br>61, $\delta^1$Tau (3$^m$.76)<br>$4^h17^m 9^s.9$ ″107<br>17°18′29″ −″028 | | 1387<br>65, $\kappa^1$Tau (4$^m$.22)<br>$4^h19^m24^s.4$ ″097<br>22° 3′54″ −″046 | |
| − 400$^y$ | 27°.05 | 3°.75 | 28°.39 | 1°.81 | 27°.28 | −8°.23 | 30°.06 | 1°.03 | 32°.38 | −5°.99 | 33°.45 | −4°.23 | 34°.80 | 0°.37 |
| − 300 | 28.43 | 3.76 | 29.78 | 1.81 | 28.66 | −8.22 | 31.45 | 1.03 | 33.76 | −5.98 | 34.84 | −4.22 | 36.19 | 0.38 |
| − 200 | 29.81 | 3.77 | 31.16 | 1.82 | 30.04 | −8.21 | 32.83 | 1.04 | 35.15 | −5.97 | 36.22 | −4.21 | 37.57 | 0.39 |
| − 100 | 31.19 | 3.78 | 32.54 | 1.83 | 31.43 | −8.20 | 34.22 | 1.05 | 36.54 | −5.96 | 37.61 | −4.20 | 38.96 | 0.40 |
| 0 | 32.58 | 3.79 | 33.93 | 1.84 | 32.81 | −8.19 | 35.60 | 1.06 | 37.92 | −5.95 | 39.00 | −4.19 | 40.35 | 0.41 |
| + 100 | 33.96 | 3.80 | 35.31 | 1.85 | 34.20 | −8.18 | 36.99 | 1.07 | 39.31 | −5.94 | 40.39 | −4.18 | 41.73 | 0.43 |
| 200 | 35.35 | 3.81 | 36.70 | 1.85 | 35.58 | −8.17 | 38.38 | 1.08 | 40.70 | −5.93 | 41.77 | −4.17 | 43.12 | 0.44 |
| 300 | 36.73 | 3.82 | 38.09 | 1.86 | 36.97 | −8.15 | 39.77 | 1.09 | 42.09 | −5.92 | 43.16 | −4.16 | 44.51 | 0.45 |
| 400 | 38.12 | 3.83 | 39.47 | 1.87 | 38.36 | −8.14 | 41.15 | 1.10 | 43.48 | −5.91 | 44.55 | −4.14 | 45.90 | 0.46 |
| 500 | 39.50 | 3.84 | 40.86 | 1.88 | 39.74 | −8.13 | 42.54 | 1.11 | 44.87 | −5.90 | 45.94 | −4.13 | 47.29 | 0.47 |
| 600 | 40.89 | 3.85 | 42.25 | 1.89 | 41.13 | −8.12 | 43.93 | 1.12 | 46.26 | −5.89 | 47.33 | −4.12 | 48.68 | 0.48 |
| 700 | 42.28 | 3.86 | 43.64 | 1.90 | 42.52 | −8.11 | 45.32 | 1.13 | 47.66 | −5.87 | 48.73 | −4.11 | 50.07 | 0.49 |
| 800 | 43.67 | 3.87 | 45.03 | 1.90 | 43.91 | −8.10 | 46.72 | 1.14 | 49.05 | −5.86 | 50.12 | −4.10 | 51.46 | 0.50 |
| 900 | 45.06 | 3.88 | 46.42 | 1.91 | 45.30 | −8.09 | 48.11 | 1.15 | 50.44 | −5.85 | 51.51 | −4.09 | 52.85 | 0.51 |
| 1000 | 46.45 | 3.89 | 47.81 | 1.92 | 46.69 | −8.08 | 49.50 | 1.16 | 51.83 | −5.84 | 52.90 | −4.08 | 54.24 | 0.52 |
| 1100 | 47.84 | 3.90 | 49.20 | 1.93 | 48.08 | −8.06 | 50.89 | 1.17 | 53.23 | −5.83 | 54.30 | −4.07 | 55.64 | 0.53 |
| 1200 | 49.23 | 3.91 | 50.60 | 1.94 | 49.48 | −8.05 | 52.29 | 1.18 | 54.62 | −5.82 | 55.69 | −4.06 | 57.03 | 0.54 |
| 1300 | 50.62 | 3.92 | 51.99 | 1.95 | 50.87 | −8.04 | 53.68 | 1.19 | 56.02 | −5.81 | 57.09 | −4.05 | 58.43 | 0.55 |
| 1400 | 52.01 | 3.94 | 53.38 | 1.95 | 52.26 | −8.03 | 55.07 | 1.20 | 57.42 | −5.80 | 58.48 | −4.04 | 59.82 | 0.56 |
| 1500 | 53.41 | 3.95 | 54.78 | 1.96 | 53.66 | −8.02 | 56.47 | 1.21 | 58.81 | −5.79 | 59.88 | −4.02 | 61.22 | 0.57 |
| 1600 | 54.80 | 3.96 | 56.17 | 1.97 | 55.05 | −8.01 | 57.87 | 1.22 | 60.21 | −5.78 | 61.28 | −4.01 | 62.61 | 0.58 |
| 1700 | 56.19 | 3.97 | 57.57 | 1.98 | 56.45 | −7.99 | 59.26 | 1.23 | 61.61 | −5.77 | 62.67 | −4.00 | 64.01 | 0.59 |
| 1800 | 57.59 | 3.98 | 58.96 | 1.99 | 57.84 | −7.98 | 60.66 | 1.24 | 63.01 | −5.75 | 64.07 | −3.99 | 65.41 | 0.61 |
| 1900 | 58.98 | 3.99 | 60.36 | 2.00 | 59.24 | −7.97 | 62.06 | 1.25 | 64.41 | −5.74 | 65.47 | −3.98 | 66.81 | 0.62 |
| 2000 | 60.38 | 4.00 | 61.76 | 2.01 | 60.63 | −7.96 | 63.46 | 1.26 | 65.81 | −5.73 | 66.87 | −3.97 | 68.20 | 0.63 |

| 中国名 | 天街 | | 畢距星 | | 畢 | | 天節 | | 畢大星 | | 天節 | | 畢左股（附耳） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO. | 1392 | | 1409 | | 1412 | | 1444 | | 1457 | | 1473 | | 1479 | |
| 星名 (BR) | 69, υ Tau (4ᵐ.28) | | 74, ε Tau (3ᵐ.53) | | 78, θ ² Tau (3ᵐ.40) | | 86, ρ Tau (4ᵐ.65) | | 87, α Tau (0ᵐ.85) | | 90 Tau (4ᵐ.27) | | 92, σ ² Tau (4ᵐ.69) | |
| RA V1 | $4^h20^m19^s.3$ | ″105 | $4^h22^m46^s.5$ | ″108 | $4^h22^m57^s.0$ | ″102 | $4^h28^m10^s.3$ | ″100 | $4^h30^m10^s.9$ | ″065 | $4^h32^m34^s.0$ | ″098 | $4^h33^m33^s.2$ | ″081 |
| DEC V2 | 22°35′13″ | −″045 | 18°57′31″ | −″036 | 15°38′57″ | −″024 | 14°38′ 3″ | −″025 | 16°18′30″ | −″189 | 12°18′37″ | −″010 | 15°43′12″ | −″016 |
| − 400ʸ | 35°.10 | 0°.85 | 35°.05 | −2°.83 | 34°.54 | −6°.11 | 35°.63 | −7°.31 | 36°.41 | −5°.63 | 36°.33 | −9°.78 | 37°.10 | −6°.45 |
| − 300 | 36.48 | 0.86 | 36.44 | −2.82 | 35.93 | −6.09 | 37.01 | −7.30 | 37.80 | −5.63 | 37.72 | −9.77 | 38.49 | −6.44 |
| − 200 | 37.87 | 0.87 | 37.82 | −2.81 | 37.31 | −6.08 | 38.40 | −7.29 | 39.18 | −5.62 | 39.10 | −9.76 | 39.87 | −6.42 |
| − 100 | 39.25 | 0.88 | 39.21 | −2.80 | 38.70 | −6.07 | 39.79 | −7.28 | 40.57 | −5.61 | 40.49 | −9.75 | 41.26 | −6.41 |
| 0 | 40.64 | 0.89 | 40.60 | −2.78 | 40.09 | −6.06 | 41.18 | −7.27 | 41.95 | −5.61 | 41.88 | −9.74 | 42.64 | −6.40 |
| + 100 | 42.03 | 0.90 | 41.98 | −2.77 | 41.48 | −6.05 | 42.56 | −7.26 | 43.34 | −5.60 | 43.27 | −9.73 | 44.03 | −6.39 |
| 200 | 43.41 | 0.91 | 43.37 | −2.76 | 42.86 | −6.04 | 43.95 | −7.25 | 44.72 | −5.59 | 44.66 | −9.71 | 45.42 | −6.38 |
| 300 | 44.80 | 0.92 | 44.76 | −2.75 | 44.25 | −6.03 | 45.34 | −7.23 | 46.11 | −5.59 | 46.04 | −9.70 | 46.81 | −6.37 |
| 400 | 46.19 | 0.94 | 46.15 | −2.74 | 45.64 | −6.02 | 46.73 | −7.22 | 47.50 | −5.58 | 47.43 | −9.69 | 48.20 | −6.35 |
| 500 | 47.58 | 0.95 | 47.54 | −2.73 | 47.03 | −6.01 | 48.12 | −7.21 | 48.89 | −5.57 | 48.83 | −9.68 | 49.59 | −6.34 |
| 600 | 48.97 | 0.96 | 48.93 | −2.72 | 48.42 | −6.00 | 49.51 | −7.20 | 50.28 | −5.57 | 50.22 | −9.67 | 50.98 | −6.33 |
| 700 | 50.36 | 0.97 | 50.32 | −2.71 | 49.82 | −5.98 | 50.90 | −7.19 | 51.67 | −5.56 | 51.61 | −9.66 | 52.37 | −6.32 |
| 800 | 51.75 | 0.98 | 51.71 | −2.70 | 51.21 | −5.97 | 52.30 | −7.18 | 53.06 | −5.55 | 53.00 | −9.64 | 53.76 | −6.31 |
| 900 | 53.15 | 0.99 | 53.11 | −2.69 | 52.60 | −5.96 | 53.69 | −7.17 | 54.45 | −5.54 | 54.39 | −9.63 | 55.15 | −6.30 |
| 1000 | 54.54 | 1.00 | 54.50 | −2.68 | 53.99 | −5.95 | 55.08 | −7.16 | 55.84 | −5.54 | 55.79 | −9.62 | 56.55 | −6.28 |
| 1100 | 55.93 | 1.01 | 55.89 | −2.67 | 55.39 | −5.94 | 56.48 | −7.14 | 57.23 | −5.53 | 57.18 | −9.61 | 57.94 | −6.27 |
| 1200 | 57.33 | 1.02 | 57.29 | −2.65 | 56.78 | −5.93 | 57.87 | −7.13 | 58.63 | −5.52 | 58.58 | −9.60 | 59.33 | −6.26 |
| 1300 | 58.72 | 1.03 | 58.68 | −2.64 | 58.18 | −5.92 | 59.27 | −7.12 | 60.12 | −5.52 | 59.97 | −9.58 | 60.73 | −6.25 |
| 1400 | 60.12 | 1.04 | 60.08 | −2.63 | 59.57 | −5.91 | 60.66 | −7.11 | 61.41 | −5.51 | 61.37 | −9.57 | 62.12 | −6.24 |
| 1500 | 61.51 | 1.05 | 61.47 | −2.62 | 60.97 | −5.89 | 62.06 | −7.10 | 62.81 | −5.50 | 62.76 | −9.56 | 63.52 | −6.22 |
| 1600 | 62.91 | 1.06 | 62.87 | −2.61 | 62.37 | −5.88 | 63.46 | −7.09 | 64.20 | −5.50 | 64.16 | −9.55 | 64.91 | −6.21 |
| 1700 | 64.31 | 1.07 | 64.27 | −2.60 | 63.76 | −5.87 | 64.85 | −7.08 | 65.60 | −5.49 | 65.56 | −9.54 | 66.31 | −6.20 |
| 1800 | 65.70 | 1.08 | 65.67 | −2.59 | 65.16 | −5.86 | 66.25 | −7.06 | 66.99 | −5.48 | 66.96 | −9.53 | 67.71 | −6.19 |
| 1900 | 67.10 | 1.10 | 67.07 | −2.58 | 66.56 | −5.85 | 67.65 | −7.05 | 68.39 | −5.47 | 68.36 | −9.51 | 69.11 | −6.18 |
| 2000 | 68.50 | 1.11 | 68.46 | −2.57 | 67.96 | −5.84 | 69.65 | −7.04 | 69.79 | −5.47 | 69.76 | −9.50 | 70.51 | −6.17 |

| 中国名 | 諸王 | | 天高 | | 五車 | | 参旗 | | 天高 | | 天高 | | 五車 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO. | 1497 | | 1547 | | 1577 | | 1580 | | 1620 | | 1656 | | 1791 | |
| 星名 (BR) | 94, τ Tau | ($4^m.28$) | 97 Tau | ($5^m.10$) | 3, ι Aur | ($2^m.69$) | 9, $o^2$ Ori | ($4^m.07$) | 102, ι Tau | ($4^m.64$) | 104 Tau | ($5^m.00$) | 112, β Tau | ($1^m.65$) |
| RA V1 | $4^h36^m14^s.5$ | −″001 | $4^h45^m31^s.3$ | ″082 | $4^h50^m28^s.7$ | ″004 | $4^h50^m44^s.8$ | −″074 | $4^h57^m 7^s.0$ | ″066 | $5^h 1^m32^s.3$ | ″537 | $5^h19^m58^s.1$ | ″025 |
| DEC V2 | 22°45′55″ | −″016 | 18°40′11″ | −″035 | 33° 0′28″ | −″018 | 13°21′24″ | −″046 | 21°26′50″ | −″041 | 18°30′39″ | ″019 | 28°31′23″ | −″175 |
| −400$^y$ | 38°.82 | 0°.42 | 40°.36 | −3°.91 | 43°.31 | 10°.16 | 41°.04 | −9°.35 | 43°.40 | −1°.48 | 43°.82 | −4°.51 | 49°.23 | 5°.19 |
| −300 | 40.20 | 0.43 | 41.74 | −3.90 | 44.69 | 10.17 | 42.42 | −9.33 | 44.79 | −1.47 | 45.22 | −4.50 | 50.61 | 5.20 |
| −200 | 41.58 | 0.45 | 43.13 | −3.89 | 46.07 | 10.18 | 43.80 | −9.32 | 46.17 | −1.45 | 46.62 | −4.49 | 51.99 | 5.20 |
| −100 | 42.96 | 0.46 | 44.51 | −3.88 | 47.46 | 10.19 | 45.19 | −9.31 | 47.56 | −1.44 | 48.02 | −4.48 | 53.38 | 5.21 |
| 0 | 44.35 | 0.47 | 45.90 | −3.87 | 48.84 | 10.21 | 46.57 | −9.30 | 48.94 | −1.43 | 49.42 | −4.47 | 54.76 | 5.22 |
| +100 | 45.73 | 0.48 | 47.29 | −3.86 | 50.22 | 10.22 | 47.95 | −9.29 | 50.33 | −1.42 | 50.82 | −4.45 | 56.15 | 5.23 |
| 200 | 47.12 | 0.49 | 48.67 | −3.84 | 51.61 | 10.23 | 49.33 | −9.28 | 51.72 | −1.41 | 52.22 | −4.44 | 57.53 | 5.24 |
| 300 | 48.50 | 0.51 | 50.06 | −3.83 | 52.99 | 10.24 | 50.72 | −9.26 | 53.10 | −1.40 | 53.62 | −4.43 | 58.92 | 5.25 |
| 400 | 49.89 | 0.52 | 51.45 | −3.82 | 54.38 | 10.26 | 52.10 | −9.25 | 54.49 | −1.38 | 55.02 | −4.42 | 60.30 | 5.25 |
| 500 | 51.28 | 0.53 | 52.84 | −3.81 | 55.77 | 10.27 | 53.49 | −9.24 | 55.88 | −1.37 | 56.42 | −4.41 | 61.69 | 5.26 |
| 600 | 52.66 | 0.54 | 54.23 | −3.80 | 57.15 | 10.28 | 54.88 | −9.23 | 57.27 | −1.36 | 57.82 | −4.39 | 63.08 | 5.27 |
| 700 | 54.05 | 0.56 | 55.62 | −3.79 | 58.54 | 10.29 | 56.26 | −9.22 | 58.66 | −1.35 | 59.23 | −4.38 | 64.47 | 5.28 |
| 800 | 55.44 | 0.57 | 57.01 | −3.78 | 59.93 | 10.30 | 57.65 | −9.21 | 60.05 | −1.34 | 60.63 | −4.37 | 65.86 | 5.29 |
| 900 | 56.83 | 0.58 | 58.40 | −3.76 | 61.32 | 10.32 | 59.04 | −9.19 | 61.44 | −1.33 | 62.04 | −4.36 | 67.25 | 5.29 |
| 1000 | 58.22 | 0.59 | 59.80 | −3.75 | 62.71 | 10.33 | 60.43 | −9.18 | 62.83 | −1.32 | 63.44 | −4.35 | 68.64 | 5.30 |
| 1100 | 59.61 | 0.60 | 61.19 | −3.74 | 64.10 | 10.34 | 61.82 | −9.17 | 64.23 | −1.30 | 64.85 | −4.34 | 70.03 | 5.31 |
| 1200 | 61.00 | 0.62 | 62.58 | −3.73 | 65.49 | 10.36 | 63.20 | −9.16 | 65.62 | −1.29 | 66.25 | −4.32 | 71.42 | 5.32 |
| 1300 | 62.39 | 0.63 | 63.98 | −3.72 | 66.88 | 10.37 | 64.60 | −9.15 | 67.01 | −1.28 | 67.66 | −4.31 | 72.81 | 5.33 |
| 1400 | 63.79 | 0.64 | 65.37 | −3.71 | 68.27 | 10.38 | 65.99 | −9.13 | 68.41 | −1.27 | 69.07 | −4.30 | 74.20 | 5.34 |
| 1500 | 65.18 | 0.65 | 66.77 | −3.69 | 69.67 | 10.39 | 67.38 | −9.12 | 69.80 | −1.26 | 70.48 | −4.29 | 75.60 | 5.34 |
| 1600 | 66.57 | 0.67 | 68.16 | −3.68 | 71.06 | 10.41 | 68.77 | −9.11 | 71.20 | −1.25 | 71.89 | −4.28 | 76.99 | 5.35 |
| 1700 | 67.97 | 0.68 | 69.56 | −3.67 | 72.45 | 10.42 | 70.16 | −9.10 | 72.60 | −1.23 | 73.30 | −4.26 | 78.39 | 5.36 |
| 1800 | 69.36 | 0.69 | 70.96 | −3.66 | 73.85 | 10.43 | 71.56 | −9.09 | 73.99 | −1.22 | 74.71 | −4.25 | 79.78 | 5.37 |
| 1900 | 70.76 | 0.70 | 72.36 | −3.65 | 75.24 | 10.44 | 72.95 | −9.08 | 75.39 | −1.21 | 76.12 | −4.24 | 81.18 | 5.38 |
| 2000 | 72.15 | 0.71 | 73.75 | −3.64 | 76.64 | 10.45 | 74.34 | −9.06 | 76.79 | −1.20 | 77.53 | −4.23 | 82.57 | 5.39 |

| 中国名 | 天高 | 参距星 | 觜距星 | 天関 | 水府 | 司怪 | 司怪 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO.<br>星名 (BR)<br>RA V1<br>DEC V2 | 1810<br>114 Tau ($4^m.88$)<br>$5^h21^m37^s.6$ ″003<br>21°51′ 6″ − ″007 | 1852<br>34, $\delta$ Ori ($2^m.23$)<br>$5^h26^m53^s.8$ −″003<br>−0°22′23″ −″001 | 1876<br>37, $\phi^1$ Ori($4^m.41$)<br>$5^h29^m19^s.8$ ″000<br>9°25′19″ −″003 | 1910<br>123, $\zeta$ Tau ($3^m.00$)<br>$5^h31^m40^s.0$ ″001<br>21° 4′54″ −″022 | 2010<br>134 Tau ($4^m.91$)<br>$5^h43^m55^s.8$ −″020<br>12°37′11″ −″024 | 2047<br>54, $\chi^1$ Ori($4^m.41$)<br>$5^h48^m27^s.6$ −″187<br>20°15′28″ −″086 | 2135<br>62, $\chi^2$ Ori($4^m.63$)<br>$5^h57^m58^s.8$ ″003<br>20° 8′27″ −″007 |
| − 400$^y$ | 49°.15 −1°.60 | 49°.01 −23°.87 | 50°.26 −14°.12 | 51°.44 −2°.50 | 54°.07 −11°.07 | 55°.46 −3°.42 | 57°.58 −3°.61 |
| − 300 | 50.53 −1.59 | 50.40 −23.86 | 51.64 −14.11 | 52.82 −2.49 | 55.46 −11.05 | 56.84 −3.41 | 58.96 −3.60 |
| − 200 | 51.92 −1.58 | 51.78 −23.84 | 53.02 −14.10 | 54.21 −2.47 | 56.84 −11.04 | 58.22 −3.40 | 60.34 −3.59 |
| − 100 | 53.30 −1.56 | 53.16 −23.83 | 54.41 −14.08 | 55.59 −2.46 | 58.22 −11.03 | 59.60 −3.39 | 61.73 −3.57 |
| 0 | 54.68 −1.55 | 54.55 −23.82 | 55.79 −14.07 | 56.97 −2.45 | 59.61 −11.02 | 60.98 −3.38 | 63.11 −3.56 |
| + 100 | 56.07 −1.54 | 55.93 −23.80 | 57.18 −14.06 | 58.36 −2.43 | 60.99 −11.00 | 62.36 −3.36 | 64.50 −3.55 |
| 200 | 57.45 −1.52 | 57.32 −23.79 | 58.56 −14.05 | 59.74 −2.42 | 62.37 −10.99 | 63.74 −3.35 | 65.88 −3.53 |
| 300 | 58.84 −1.51 | 58.71 −23.78 | 59.95 −14.03 | 61.13 −2.41 | 63.76 −10.98 | 65.12 −3.34 | 67.27 −3.52 |
| 400 | 60.23 −1.50 | 60.10 −23.76 | 61.33 −14.02 | 62.52 −2.40 | 65.15 −10.97 | 66.50 −3.33 | 68.65 −3.51 |
| 500 | 61.61 −1.49 | 61.48 −23.75 | 62.72 −14.01 | 63.90 −2.38 | 66.53 −10.95 | 67.88 −3.32 | 70.04 −3.49 |
| 600 | 63.00 −1.47 | 62.87 −23.74 | 64.11 −13.99 | 65.29 −2.37 | 67.92 −10.94 | 69.26 −3.31 | 71.43 −3.48 |
| 700 | 64.39 −1.46 | 64.26 −23.72 | 65.50 −13.98 | 66.68 −2.36 | 69.31 −10.93 | 70.64 −3.30 | 72.82 −3.47 |
| 800 | 65.78 −1.45 | 65.65 −23.71 | 66.89 −13.97 | 68.07 −2.35 | 70.70 −10.91 | 72.03 −3.29 | 74.21 −3.45 |
| 900 | 67.17 −1.43 | 67.04 −23.70 | 68.28 −13.95 | 69.46 −2.33 | 72.09 −10.90 | 73.41 −3.28 | 75.60 −3.44 |
| 1000 | 68.56 −1.42 | 68.43 −23.68 | 69.67 −13.94 | 70.85 −2.32 | 73.48 −10.89 | 74.80 −3.26 | 76.99 −3.43 |
| 1100 | 69.95 −1.41 | 69.82 −23.67 | 71.06 −13.93 | 72.24 −2.31 | 74.87 −10.88 | 76.18 −3.25 | 78.38 −3.41 |
| 1200 | 71.34 −1.39 | 71.21 −23.66 | 72.45 −13.91 | 73.63 −2.30 | 76.26 −10.86 | 77.57 −3.24 | 79.77 −3.40 |
| 1300 | 72.73 −1.38 | 72.61 −23.64 | 73.84 −13.90 | 75.02 −2.28 | 77.65 −10.85 | 78.96 −3.23 | 81.16 −3.39 |
| 1400 | 74.13 −1.37 | 74.00 −23.63 | 75.24 −13.89 | 76.42 −2.27 | 79.04 −10.84 | 80.34 −3.22 | 82.55 −3.37 |
| 1500 | 75.52 −1.36 | 75.39 −23.62 | 76.63 −13.87 | 77.81 −2.26 | 80.43 −10.83 | 81.73 −3.21 | 83.95 −3.36 |
| 1600 | 76.91 −1.34 | 76.79 −23.61 | 78.02 −13.86 | 79.20 −2.25 | 81.83 −10.81 | 83.12 −3.20 | 85.34 −3.35 |
| 1700 | 78.31 −1.33 | 78.18 −23.59 | 79.42 −13.85 | 80.60 −2.23 | 83.22 −10.80 | 84.51 −3.19 | 86.73 −3.34 |
| 1800 | 79.70 −1.32 | 79.58 −23.58 | 80.81 −13.84 | 81.99 −2.22 | 84.61 −10.79 | 85.90 −3.18 | 88.13 −3.32 |
| 1900 | 81.10 −1.30 | 80.97 −23.57 | 82.21 −13.82 | 83.39 −2.21 | 86.01 −10.78 | 87.29 −3.17 | 89.53 −3.31 |
| 2000 | 82.50 −1.29 | 82.37 −23.55 | 83.61 −13.81 | 84.78 −2.20 | 87.40 −10.76 | 88.68 −3.16 | 90.92 −3.30 |

| 中国名 | 水府 | 水府 | 鉞星 | —— | 司怪 | 東井距星 | 東井 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO.<br>星名 (BR)<br>RA V1<br>DEC V2 | 2159<br>67, $\nu$ Ori (4$^m$.42)<br>6$^h$ 1$^m$51$^s$.7 ″006<br>14°46′50″ −″022 | 2199<br>70, $\xi$ Ori (4$^m$.48)<br>6$^h$ 6$^m$15$^s$.2 ″003<br>14°13′53″ −″021 | 2216<br>7, $\eta$ Gem (3$^m$.28)<br>6$^h$ 8$^m$50$^s$.4 −″067<br>22°32′ 9″ −″013 | 2219<br>44, $\kappa$ Aur (4$^m$.35)<br>6$^h$ 9$^m$ 0$^s$.3 −″070<br>29°32′ 6″ −″265 | 2220<br>71 Ori (5$^m$.20)<br>6$^h$ 8$^m$57$^s$.8 −″096<br>19°11′26″ −″190 | 2286<br>13, $\mu$ Gem (2$^m$.88)<br>6$^h$16$^m$54$^s$.6 ″055<br>22°33′54″ −″112 | 2343<br>18, $\nu$ Gem (4$^m$.15)<br>6$^h$23$^m$ 1$^s$.5 −″006<br>20°16′32″ −″017 |
| −400$^y$ | 58°.51 −8°.96 | 59°.59 −9°.50 | 60°.14 −1°.20 | 60°.07 5°.96 | 60°.24 −4°.43 | 61°.92 −1°.06 | 63°.47 −3°.36 |
| −300 | 59.89 −8.95 | 60.97 −9.49 | 61.52 −1.18 | 61.45 5.97 | 61.62 −4.42 | 63.31 −1.05 | 64.85 −3.35 |
| −200 | 61.27 −8.94 | 62.36 −9.48 | 62.90 −1.17 | 62.83 5.98 | 63.00 −4.41 | 64.69 −1.04 | 66.23 −3.34 |
| −100 | 62.66 −8.92 | 63.74 −9.47 | 64.28 −1.16 | 64.21 5.98 | 64.38 −4.40 | 66.08 −1.03 | 67.61 −3.32 |
| 0 | 64.04 −8.91 | 65.12 −9.45 | 65.66 −1.14 | 65.59 5.99 | 65.76 −4.40 | 67.46 −1.02 | 69.00 −3.31 |
| +100 | 65.43 −8.90 | 66.51 −9.44 | 67.05 −1.13 | 66.97 5.99 | 67.14 −4.39 | 68.85 −1.01 | 70.38 −3.30 |
| 200 | 66.81 −8.89 | 67.89 −9.43 | 68.43 −1.12 | 68.36 6.00 | 68.52 −4.38 | 70.23 −1.00 | 71.77 −3.28 |
| 300 | 68.20 −8.87 | 69.28 −9.41 | 69.81 −1.11 | 69.74 6.01 | 69.91 −4.37 | 71.62 −0.99 | 73.15 −3.27 |
| 400 | 69.59 −8.86 | 70.67 −9.40 | 71.20 −1.09 | 71.12 6.01 | 71.29 −4.36 | 73.01 −0.98 | 74.54 −3.26 |
| 500 | 70.97 −8.85 | 72.05 −9.39 | 72.58 −1.08 | 72.51 6.02 | 72.68 −4.35 | 74.40 −0.97 | 75.93 −3.24 |
| 600 | 72.36 −8.83 | 73.44 −9.38 | 73.97 −1.07 | 73.90 6.02 | 74.06 −4.35 | 75.79 −0.96 | 77.31 −3.23 |
| 700 | 73.75 −8.82 | 74.83 −9.36 | 75.36 −1.05 | 75.28 6.03 | 75.45 −4.34 | 77.18 −0.95 | 78.70 −3.22 |
| 800 | 75.14 −8.81 | 76.22 −9.35 | 76.74 −1.04 | 76.67 6.04 | 76.83 −4.33 | 78.57 −0.94 | 80.09 −3.21 |
| 900 | 76.53 −8.80 | 77.61 −9.34 | 78.13 −1.03 | 78.06 6.04 | 78.22 −4.32 | 79.96 −0.93 | 81.48 −3.19 |
| 1000 | 77.92 −8.78 | 79.00 −9.33 | 79.52 −1.01 | 79.45 6.05 | 79.61 −4.31 | 81.35 −0.92 | 82.87 −3.18 |
| 1100 | 79.31 −8.77 | 80.39 −9.31 | 80.91 −1.00 | 80.83 6.05 | 81.00 −4.31 | 82.74 −0.91 | 84.26 −3.17 |
| 1200 | 80.70 −8.76 | 81.78 −9.30 | 82.30 −0.99 | 82.22 6.06 | 82.38 −4.30 | 84.14 −0.90 | 85.65 −3.16 |
| 1300 | 82.09 −8.75 | 83.17 −9.29 | 83.69 −0.98 | 83.61 6.06 | 83.77 −4.29 | 85.53 −0.89 | 87.04 −3.14 |
| 1400 | 83.48 −8.73 | 84.56 −9.27 | 85.08 −0.96 | 85.01 6.07 | 85.16 −4.28 | 86.92 −0.88 | 88.44 −3.13 |
| 1500 | 84.88 −8.72 | 85.96 −9.26 | 86.47 −0.95 | 86.40 6.08 | 86.55 −4.28 | 88.32 −0.87 | 89.83 −3.12 |
| 1600 | 86.27 −8.71 | 87.35 −9.25 | 87.86 −0.94 | 87.79 6.08 | 87.94 −4.27 | 89.71 −0.86 | 91.22 −3.11 |
| 1700 | 87.66 −8.70 | 88.74 −9.24 | 89.25 −0.93 | 89.18 6.09 | 89.34 −4.26 | 91.11 −0.85 | 92.62 −3.09 |
| 1800 | 89.06 −8.68 | 90.14 −9.22 | 90.65 −0.91 | 90.58 6.09 | 90.73 −4.25 | 92.51 −0.84 | 94.01 −3.08 |
| 1900 | 90.46 −8.67 | 91.54 −9.21 | 92.04 −0.90 | 91.97 6.10 | 92.12 −4.24 | 93.90 −0.83 | 95.41 −3.07 |
| 2000 | 91.85 −8.66 | 92.93 −9.20 | 93.44 −0.89 | 93.36 6.10 | 93.52 −4.24 | 95.30 −0.82 | 96.80 −3.06 |

| 中国名 | 東井 | | 東井 | | 東井 | | 東井 | | 五諸侯 | | 東井 | | 五諸侯 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO. | 2421 | | 2473 | | 2484 | | 2529 | | 2540 | | 2650 | | 2697 | |
| 星名 (BR) | 24, γ Gem | (1ᵐ.93) | 27, ε Gem | (2ᵐ.98) | 31, ξ Gem | (3ᵐ.36) | 36 Gem | (5ᵐ.27) | 34, θ Gem | (3ᵐ.60) | 43, ζ Gem | (3ᵐ.79) | 46, τ Gem | (4ᵐ.41) |
| RA V1 | 6ʰ31ᵐ56ˢ.1 | ″043 | 6ʰ37ᵐ46ˢ.7 | −″004 | 6ʰ39ᵐ40ˢ.6 | −″115 | 6ʰ45ᵐ33ˢ.4 | −″010 | 6ʰ46ᵐ11ˢ.9 | −″001 | 6ʰ58ᵐ10ˢ.6 | −″008 | 7ʰ 4ᵐ46ˢ.5 | −″028 |
| DEC V2 | 16°29′ 5″ | −″044 | 25°13′49″ | −″015 | 13° 0′13″ | −″194 | 21°52′45″ | −″034 | 34° 4′55″ | −″051 | 20°43′ 2″ | −″003 | 30°24′33″ | −″047 |
| − 400ʸ | 65°.74 | −7°.03 | 66°.60 | 1°.77 | 67°.95 | −10°.28 | 68°.62 | −1°.43 | 67°.77 | 10°.75 | 71°.66 | −2°.34 | 72°.11 | 7°.48 |
| − 300 | 67.12 | −7.02 | 67.98 | 1.78 | 69.33 | −10.28 | 70.00 | −1.42 | 69.15 | 10.76 | 73.04 | −2.33 | 73.49 | 7.49 |
| − 200 | 68.51 | −7.01 | 69.36 | 1.79 | 70.71 | −10.27 | 71.39 | −1.41 | 70.53 | 10.77 | 74.42 | −2.32 | 74.87 | 7.50 |
| − 100 | 69.89 | −6.99 | 70.75 | 1.80 | 72.09 | −10.26 | 72.77 | −1.40 | 71.92 | 10.79 | 75.80 | −2.31 | 76.25 | 7.52 |
| 0 | 71.28 | −6.98 | 72.13 | 1.82 | 73.47 | −10.25 | 74.15 | −1.38 | 73.30 | 10.80 | 77.19 | −2.29 | 77.64 | 7.53 |
| + 100 | 72.66 | −6.97 | 73.51 | 1.83 | 74.85 | −10.24 | 75.54 | −1.37 | 74.69 | 10.81 | 78.57 | −2.28 | 79.02 | 7.54 |
| 200 | 74.05 | −6.96 | 74.90 | 1.84 | 76.23 | −10.24 | 76.92 | −1.36 | 76.07 | 10.82 | 79.96 | −2.27 | 80.41 | 7.55 |
| 300 | 75.43 | −6.94 | 76.28 | 1.86 | 77.61 | −10.23 | 78.31 | −1.35 | 77.46 | 10.83 | 81.34 | −2.25 | 81.79 | 7.56 |
| 400 | 76.82 | −6.93 | 77.67 | 1.87 | 79.00 | −10.22 | 79.69 | −1.33 | 78.85 | 10.85 | 82.73 | −2.24 | 83.18 | 7.57 |
| 500 | 78.21 | −6.92 | 79.06 | 1.88 | 80.38 | −10.21 | 81.08 | −1.32 | 80.23 | 10.86 | 84.12 | −2.23 | 84.57 | 7.59 |
| 600 | 79.60 | −6.91 | 80.45 | 1.90 | 81.76 | −10.21 | 82.47 | −1.31 | 81.62 | 10.87 | 85.50 | −2.21 | 85.95 | 7.60 |
| 700 | 80.99 | −6.90 | 81.83 | 1.91 | 83.15 | −10.20 | 83.86 | −1.30 | 83.01 | 10.88 | 86.89 | −2.20 | 87.34 | 7.61 |
| 800 | 82.38 | −6.88 | 83.22 | 1.92 | 84.53 | −10.19 | 85.25 | −1.29 | 84.40 | 10.89 | 88.28 | −2.19 | 88.73 | 7.62 |
| 900 | 83.77 | −6.87 | 84.61 | 1.93 | 85.92 | −10.18 | 86.63 | −1.27 | 85.79 | 10.91 | 89.67 | −2.18 | 90.12 | 7.63 |
| 1000 | 85.16 | −6.86 | 86.00 | 1.95 | 87.31 | −10.18 | 88.02 | −1.26 | 87.18 | 10.92 | 91.06 | −2.16 | 91.51 | 7.64 |
| 1100 | 86.55 | −6.85 | 87.39 | 1.96 | 88.70 | −10.17 | 89.42 | −1.25 | 88.57 | 10.93 | 92.45 | −2.15 | 92.90 | 7.65 |
| 1200 | 87.94 | −6.84 | 88.78 | 1.97 | 90.08 | −10.16 | 90.81 | −1.24 | 89.96 | 10.94 | 93.84 | −2.14 | 94.29 | 7.67 |
| 1300 | 89.34 | −6.82 | 90.18 | 1.98 | 91.47 | −10.15 | 92.20 | −1.23 | 91.36 | 10.95 | 95.23 | −2.12 | 95.68 | 7.68 |
| 1400 | 90.73 | −6.81 | 91.57 | 2.00 | 92.86 | −10.15 | 93.59 | −1.21 | 92.75 | 10.96 | 96.62 | −2.11 | 97.08 | 7.69 |
| 1500 | 92.12 | −6.80 | 92.96 | 2.01 | 94.25 | −10.14 | 94.98 | −1.20 | 94.14 | 10.97 | 98.02 | −2.10 | 98.47 | 7.70 |
| 1600 | 93.52 | −6.79 | 94.36 | 2.02 | 95.64 | −10.13 | 96.38 | −1.19 | 95.54 | 10.99 | 99.41 | −2.09 | 99.86 | 7.71 |
| 1700 | 94.91 | −6.78 | 95.75 | 2.03 | 97.03 | −10.12 | 97.77 | −1.18 | 96.93 | 11.00 | 100.80 | −2.08 | 101.26 | 7.72 |
| 1800 | 96.31 | −6.77 | 97.15 | 2.05 | 98.42 | −10.12 | 99.17 | −1.17 | 98.33 | 11.01 | 102.20 | −2.06 | 102.65 | 7.73 |
| 1900 | 97.71 | −6.75 | 98.54 | 2.06 | 99.82 | −10.11 | 100.56 | −1.16 | 99.73 | 11.02 | 103.59 | −2.05 | 104.05 | 7.74 |
| 2000 | 99.10 | −6.74 | 99.94 | 2.07 | 101.22 | −10.10 | 101.96 | −1.14 | 101.12 | 11.03 | 104.99 | −2.04 | 105.44 | 7.75 |

| 中国名 | 東井 | | 天樽 | | 五諸侯 | | 北河 | | 北河 | | 五諸侯 | | 積薪 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO. | 2763 | | 2777 | | 2821 | | 2852 | | 2890 | | 2905 | | 2983 | |
| 星名 (BR) | 54, λ Gem | $(3^{m}.58)$ | 55, δ Gem | $(3^{m}.53)$ | 60, ι Gem | $(3^{m}.79)$ | 62, ρ Gem | $(4^{m}.18)$ | 66, α Gem | $(1^{m}.58)$ | 69, υ Gem | $(4^{m}.06)$ | 76 Gem | $(5^{m}.31)$ |
| RA V1 | $7^{h}12^{m}20^{s}.7$ | −″049 | $7^{h}14^{m}9^{s}.0$ | −″025 | $7^{h}19^{m}30^{s}.9$ | −″121 | $7^{h}22^{m}40^{s}.8$ | ″150 | $7^{h}28^{m}13^{s}.0$ | −″170 | $7^{h}29^{m}45^{s}.6$ | −″033 | $7^{h}38^{m}0^{s}.9$ | −″019 |
| DEC V2 | 16°43′15″ | −″039 | 22°10′ 0″ | −″014 | 27°59′49″ | −″088 | 31°59′ 0″ | ″171 | 32° 6′27″ | −″102 | 27° 7′ 5″ | −″109 | 26° 1′21″ | −″018 |
| −400$^{y}$ | 75°.48 | −5°.91 | 75°.19 | −0°.47 | 75°.68 | 5°.53 | 75°.65 | 9°.38 | 76°.98 | 9°.88 | 78°.00 | 4°.99 | 80°.01 | 4°.15 |
| −300 | 76.86 | −5.90 | 76.58 | −0.46 | 77.06 | 5.54 | 77.03 | 9.40 | 78.36 | 9.89 | 79.39 | 5.00 | 81.39 | 4.16 |
| −200 | 78.24 | −5.88 | 77.96 | −0.44 | 78.44 | 5.55 | 78.42 | 9.42 | 79.74 | 9.90 | 80.77 | 5.01 | 82.77 | 4.17 |
| −100 | 79.62 | −5.87 | 79.34 | −0.43 | 79.82 | 5.56 | 79.81 | 9.44 | 81.12 | 9.91 | 82.15 | 5.02 | 84.16 | 4.19 |
| 0 | 81.00 | −5.86 | 80.72 | −0.42 | 81.20 | 5.57 | 81.19 | 9.45 | 82.50 | 9.92 | 83.54 | 5.03 | 85.54 | 4.20 |
| +100 | 82.39 | −5.85 | 82.11 | −0.41 | 82.58 | 5.58 | 82.58 | 9.47 | 83.88 | 9.93 | 84.92 | 5.04 | 86.92 | 4.21 |
| 200 | 83.77 | −5.84 | 83.49 | −0.39 | 83.96 | 5.59 | 83.97 | 9.49 | 85.26 | 9.94 | 86.30 | 5.05 | 88.31 | 4.22 |
| 300 | 85.15 | −5.83 | 84.88 | −0.38 | 85.35 | 5.60 | 85.36 | 9.51 | 86.65 | 9.95 | 87.69 | 5.06 | 89.69 | 4.24 |
| 400 | 86.54 | −5.81 | 86.26 | −0.37 | 86.73 | 5.61 | 86.75 | 9.53 | 88.03 | 9.96 | 89.08 | 5.07 | 91.08 | 4.25 |
| 500 | 87.92 | −5.80 | 87.65 | −0.36 | 88.12 | 5.62 | 88.14 | 9.54 | 89.41 | 9.97 | 90.46 | 5.08 | 92.47 | 4.26 |
| 600 | 89.31 | −5.79 | 89.04 | −0.34 | 89.50 | 5.63 | 89.54 | 9.56 | 90.80 | 9.97 | 91.85 | 5.09 | 93.86 | 4.27 |
| 700 | 90.70 | −5.78 | 90.42 | −0.33 | 90.89 | 5.64 | 90.93 | 9.58 | 92.18 | 9.98 | 93.24 | 5.10 | 95.24 | 4.28 |
| 800 | 92.08 | −5.77 | 91.81 | −0.32 | 92.27 | 5.65 | 92.32 | 9.60 | 93.57 | 9.99 | 94.63 | 5.11 | 96.63 | 4.29 |
| 900 | 93.47 | −5.76 | 93.20 | −0.31 | 93.66 | 5.66 | 93.72 | 9.62 | 94.95 | 10.00 | 96.02 | 5.12 | 98.02 | 4.31 |
| 1000 | 94.86 | −5.75 | 94.59 | −0.30 | 95.05 | 5.67 | 95.11 | 9.63 | 96.34 | 10.01 | 97.41 | 5.13 | 99.41 | 4.32 |
| 1100 | 96.25 | −5.73 | 95.98 | −0.28 | 96.43 | 5.67 | 96.50 | 9.65 | 97.73 | 10.02 | 98.80 | 5.14 | 100.80 | 4.33 |
| 1200 | 97.64 | −5.72 | 97.37 | −0.27 | 97.82 | 5.68 | 97.90 | 9.67 | 99.11 | 10.03 | 100.19 | 5.15 | 102.19 | 4.34 |
| 1300 | 99.03 | −5.71 | 98.76 | −0.26 | 99.21 | 5.69 | 99.30 | 9.69 | 100.50 | 10.04 | 101.58 | 5.15 | 103.59 | 4.35 |
| 1400 | 100.42 | −5.70 | 100.15 | −0.25 | 100.60 | 5.70 | 100.69 | 9.71 | 101.89 | 10.05 | 102.98 | 5.16 | 104.98 | 4.36 |
| 1500 | 101.81 | −5.69 | 101.55 | −0.24 | 101.99 | 5.71 | 102.09 | 9.72 | 103.28 | 10.05 | 104.37 | 5.17 | 106.37 | 4.38 |
| 1600 | 103.20 | −5.68 | 102.94 | −0.22 | 103.38 | 5.72 | 103.49 | 9.74 | 104.67 | 10.06 | 105.76 | 5.18 | 107.77 | 4.39 |
| 1700 | 104.60 | −5.67 | 104.33 | −0.21 | 104.78 | 5.73 | 104.89 | 9.76 | 106.06 | 10.07 | 107.16 | 5.19 | 109.16 | 4.40 |
| 1800 | 105.99 | −5.66 | 105.73 | −0.20 | 106.17 | 5.74 | 106.29 | 9.78 | 107.46 | 10.08 | 108.55 | 5.20 | 110.56 | 4.41 |
| 1900 | 107.38 | −5.65 | 107.12 | −0.14 | 107.56 | 5.75 | 107.69 | 9.79 | 108.85 | 10.09 | 109.94 | 5.21 | 111.95 | 4.42 |
| 2000 | 108.78 | −5.64 | 108.52 | −0.18 | 108.96 | 5.76 | 109.09 | 9.81 | 110.24 | 10.10 | 111.34 | 5.22 | 113.35 | 4.43 |

| 中国名 | 積薪 | | 北河 | | 爟 | | 輿鬼距星 | | 輿鬼 | | 柳距星 | | 輿鬼積尸 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO.<br>星名 (BR)<br>RA V1<br>DEC V2 | 2985<br>77, $\kappa$ Gem ($3^m.57$)<br>$7^h38^m24^s.6$<br>24°38′16″ | <br><br>−″030<br>−″055 | 2990<br>78, $\beta$ Gem ($1^m.14$)<br>$7^h39^m11^s.8$<br>28°16′ 4″ | <br><br>−″627<br>−″051 | 3149<br>$\chi$ Gem ($4^m.94$)<br>$7^h57^m22^s.6$<br>28° 4′29″ | <br><br>−″025<br>−″044 | 3357<br>31, $\theta$ Cnc ($5^m.35$)<br>$8^h25^m53^s.6$<br>18°25′57″ | <br><br>−″057<br>−″060 | 3366<br>33, $\eta$ Cnc ($5^m.33$)<br>$8^h26^m55^s.5$<br>20°46′52″ | <br><br>−″045<br>−″048 | 3410<br>4, $\delta$ Hya ($4^m.16$)<br>$8^h32^m21^s.7$<br>6° 3′ 9″ | <br><br>−″067<br>−″012 | 3429<br>41, $\varepsilon$ Cnc ($6^m.30$)<br>$8^h34^m42^s.9$<br>19°53′55″ | <br><br>−″038<br>−″010 |
| − 400$^y$ | 80°.33 | 2°.82 | 80°.27 | 6°.50 | 83°.89 | 6°.97 | 92°.42 | −0°.98 | 92°.08 | 1°.35 | 97°.05 | −12°.62 | 94°.07 | 0°.92 |
| − 300 | 81.71 | 2.84 | 81.63 | 6.50 | 85.27 | 6.99 | 93.80 | −0.97 | 93.46 | 1.36 | 98.43 | −12.61 | 95.45 | 0.93 |
| − 200 | 83.10 | 2.85 | 83.00 | 6.51 | 86.65 | 7.00 | 95.18 | −0.96 | 94.85 | 1.37 | 99.81 | −12.60 | 96.84 | 0.94 |
| − 100 | 84.48 | 2.86 | 84.37 | 6.52 | 88.04 | 7.01 | 96.56 | −0.95 | 96.23 | 1.38 | 101.19 | −12.59 | 98.22 | 0.95 |
| 0 | 85.86 | 2.87 | 85.73 | 6.53 | 89.42 | 7.02 | 97.94 | −0.94 | 97.61 | 1.39 | 102.57 | −12.58 | 99.60 | 0.96 |
| + 100 | 87.25 | 2.88 | 87.10 | 6.54 | 90.81 | 7.03 | 99.33 | −0.93 | 99.00 | 1.40 | 103.95 | −12.57 | 100.98 | 0.97 |
| 200 | 88.63 | 2.89 | 88.47 | 6.55 | 92.19 | 7.04 | 100.71 | −0.92 | 100.38 | 1.41 | 105.33 | −12.56 | 102.37 | 0.98 |
| 300 | 90.02 | 2.90 | 89.84 | 6.55 | 93.58 | 7.05 | 102.10 | −0.91 | 101.77 | 1.42 | 106.71 | −12.55 | 103.75 | 0.99 |
| 400 | 91.40 | 2.91 | 91.21 | 6.56 | 94.96 | 7.06 | 103.48 | −0.90 | 103.15 | 1.43 | 108.10 | −12.54 | 105.14 | 1.00 |
| 500 | 92.79 | 2.92 | 92.58 | 6.57 | 96.35 | 7.07 | 104.87 | −0.90 | 104.54 | 1.44 | 109.48 | −12.53 | 106.53 | 1.01 |
| 600 | 94.18 | 2.93 | 93.95 | 6.58 | 97.74 | 7.09 | 106.25 | −0.89 | 105.92 | 1.45 | 110.86 | −12.52 | 107.91 | 1.03 |
| 700 | 95.56 | 2.95 | 95.32 | 6.59 | 99.13 | 7.10 | 107.64 | −0.88 | 107.31 | 1.46 | 112.25 | −12.51 | 109.30 | 1.04 |
| 800 | 96.95 | 2.96 | 96.70 | 6.59 | 100.52 | 7.11 | 109.03 | −0.87 | 108.70 | 1.47 | 113.63 | −12.50 | 110.69 | 1.05 |
| 900 | 98.34 | 2.97 | 98.07 | 6.60 | 101.91 | 7.12 | 110.42 | −0.86 | 110.09 | 1.47 | 115.02 | −12.49 | 112.08 | 1.06 |
| 1000 | 99.73 | 2.98 | 99.44 | 6.61 | 103.30 | 7.13 | 111.80 | −0.85 | 111.48 | 1.48 | 116.41 | −12.48 | 113.47 | 1.07 |
| 1100 | 101.12 | 2.99 | 100.82 | 6.62 | 104.69 | 7.14 | 113.20 | −0.84 | 112.87 | 1.49 | 117.79 | −12.47 | 114.86 | 1.08 |
| 1200 | 102.51 | 3.00 | 102.19 | 6.63 | 106.08 | 7.15 | 114.58 | −0.83 | 114.26 | 1.50 | 119.18 | −12.46 | 116.25 | 1.09 |
| 1300 | 103.91 | 3.01 | 103.57 | 6.63 | 107.47 | 7.16 | 115.98 | −0.83 | 115.65 | 1.51 | 120.57 | −12.45 | 117.64 | 1.10 |
| 1400 | 105.30 | 3.02 | 104.94 | 6.64 | 108.86 | 7.17 | 117.37 | −0.82 | 117.04 | 1.52 | 121.96 | −12.44 | 119.03 | 1.10 |
| 1500 | 106.69 | 3.03 | 106.32 | 6.65 | 110.26 | 7.18 | 118.76 | −0.81 | 118.43 | 1.53 | 123.35 | −12.44 | 120.42 | 1.11 |
| 1600 | 108.08 | 3.04 | 107.70 | 6.66 | 111.65 | 7.19 | 120.15 | −0.80 | 119.83 | 1.54 | 124.74 | −12.43 | 121.82 | 1.12 |
| 1700 | 109.48 | 3.05 | 109.08 | 6.66 | 113.05 | 7.20 | 121.54 | −0.79 | 121.22 | 1.55 | 126.13 | −12.42 | 123.21 | 1.13 |
| 1800 | 110.87 | 3.06 | 110.46 | 6.67 | 114.44 | 7.21 | 122.94 | −0.78 | 122.62 | 1.55 | 127.52 | −12.41 | 124.60 | 1.14 |
| 1900 | 112.27 | 3.07 | 111.84 | 6.68 | 115.84 | 7.22 | 124.33 | −0.78 | 124.01 | 1.56 | 128.91 | −12.40 | 126.00 | 1.15 |
| 2000 | 113.66 | 3.08 | 113.22 | 6.68 | 117.24 | 7.23 | 125.73 | −0.77 | 125.41 | 1.57 | 130.30 | −12.39 | 127.39 | 1.16 |

| 中国名 | 輿鬼 | | 輿鬼 | | 軒轅 | | 輿鬼 | | 輿鬼 | | 七星距星 | | 軒轅 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO. | 3449 | | 3461 | | 3475 | | 3561 | | 3572 | | 3748 | | 3773 | |
| 星名 (BR) | 43, γ Cnc ($4^m.66$) | | 47, δ Cnc ($3^m.94$) | | 48, ι Cnc ($4^m.02$) | | 62, $o^1$ Cnc ($5^m.20$) | | 65, α Cnc ($4^m.25$) | | 30, α Hya ($1^m.98$) | | 4, λ Leo ($4^m.31$) | |
| RA V1 | $8^h37^m29^s.9$ | −″103 | $8^h39^m0^s.1$ | −″017 | $8^h40^m38^s.8$ | −″024 | $8^h51^m40^s.3$ | ″056 | $8^h53^m1^s.1$ | ″035 | $9^h22^m40^s.4$ | −″018 | $9^h26^m0^s.9$ | −″025 |
| DEC V2 | 21°49′42″ | −″043 | 18°31′19″ | −″233 | 29° 7′33″ | −″045 | 15°42′23″ | ″013 | 12°14′42″ | −″034 | −8°13′30″ | ″028 | 23°24′33″ | −″042 |
| −400$^y$ | 94°.25 | 2°.98 | 95°.35 | −0°.02 | 92°.98 | 10°.20 | 99°.02 | −2°.09 | 100°.29 | −5°.30 | 114°.07 | −22°.57 | 104°.51 | 7°.70 |
| −300 | 95.63 | 2.99 | 96.74 | −0.02 | 94.36 | 10.21 | 100.40 | −2.08 | 101.67 | −5.29 | 115.44 | −22.56 | 105.89 | 7.71 |
| −200 | 97.01 | 3.00 | 98.12 | −0.01 | 95.75 | 10.22 | 101.78 | −2.07 | 103.06 | −5.28 | 116.82 | −22.55 | 107.24 | 7.72 |
| −100 | 98.39 | 3.01 | 99.50 | −0.01 | 97.13 | 10.23 | 103.17 | −2.06 | 104.44 | −5.27 | 118.20 | −22.54 | 108.66 | 7.73 |
| 0 | 99.77 | 3.02 | 100.89 | 0.00 | 98.51 | 10.24 | 104.55 | −2.05 | 105.82 | −5.26 | 119.58 | −22.53 | 110.04 | 7.74 |
| +100 | 101.15 | 3.03 | 102.27 | 0.00 | 99.90 | 10.25 | 105.94 | −2.04 | 107.21 | −5.25 | 120.96 | −22.52 | 111.43 | 7.75 |
| 200 | 102.54 | 3.04 | 103.66 | 0.01 | 101.29 | 10.26 | 107.32 | −2.02 | 108.60 | −5.24 | 122.34 | −22.52 | 112.82 | 7.76 |
| 300 | 103.92 | 3.05 | 105.05 | 0.01 | 102.67 | 10.27 | 108.71 | −2.01 | 109.98 | −5.23 | 123.72 | −22.51 | 114.20 | 7.76 |
| 400 | 105.30 | 3.06 | 106.44 | 0.02 | 104.06 | 10.28 | 110.10 | −2.00 | 111.37 | −5.22 | 125.10 | −22.50 | 115.59 | 7.77 |
| 500 | 106.69 | 3.07 | 107.82 | 0.02 | 105.45 | 10.29 | 111.49 | −1.99 | 112.76 | −5.21 | 126.48 | −22.49 | 116.98 | 7.78 |
| 600 | 108.07 | 3.07 | 109.21 | 0.03 | 106.84 | 10.30 | 112.88 | −1.98 | 114.14 | −5.20 | 127.86 | −22.48 | 118.37 | 7.79 |
| 700 | 109.46 | 3.08 | 110.60 | 0.03 | 108.23 | 10.31 | 114.26 | −1.97 | 115.53 | −5.19 | 129.24 | −22.48 | 119.76 | 7.80 |
| 800 | 110.85 | 3.09 | 111.99 | 0.03 | 109.62 | 10.32 | 115.66 | −1.96 | 116.92 | −5.18 | 130.63 | −22.47 | 121.14 | 7.80 |
| 900 | 112.24 | 3.10 | 113.38 | 0.04 | 111.01 | 10.33 | 117.04 | −1.95 | 118.31 | −5.17 | 132.01 | −22.46 | 122.54 | 7.81 |
| 1000 | 113.62 | 3.11 | 114.77 | 0.04 | 112.40 | 10.34 | 118.44 | −1.94 | 119.70 | −5.16 | 133.40 | −22.45 | 123.93 | 7.82 |
| 1100 | 115.01 | 3.12 | 116.17 | 0.05 | 113.79 | 10.35 | 119.83 | −1.93 | 121.09 | −5.16 | 134.78 | −22.45 | 125.32 | 7.83 |
| 1200 | 116.40 | 3.13 | 117.56 | 0.05 | 115.18 | 10.36 | 121.22 | −1.92 | 122.49 | −5.15 | 136.17 | −22.44 | 126.71 | 7.83 |
| 1300 | 117.79 | 3.13 | 118.95 | 0.05 | 116.58 | 10.37 | 122.61 | −1.91 | 123.88 | −5.14 | 137.56 | −22.43 | 128.10 | 7.84 |
| 1400 | 119.18 | 3.14 | 120.35 | 0.06 | 117.97 | 10.37 | 124.01 | −1.90 | 125.27 | −5.13 | 138.94 | −22.42 | 129.50 | 7.85 |
| 1500 | 120.57 | 3.15 | 121.74 | 0.06 | 119.36 | 10.38 | 125.40 | −1.89 | 126.66 | −5.12 | 140.33 | −22.42 | 130.89 | 7.85 |
| 1600 | 121.96 | 3.16 | 123.14 | 0.06 | 120.76 | 10.39 | 126.80 | −1.88 | 128.06 | −5.11 | 141.72 | −22.41 | 132.29 | 7.86 |
| 1700 | 123.36 | 3.17 | 124.53 | 0.07 | 122.16 | 10.40 | 128.19 | −1.87 | 129.45 | −5.10 | 143.11 | −22.40 | 133.68 | 7.87 |
| 1800 | 124.75 | 3.18 | 125.93 | 0.07 | 123.55 | 10.41 | 129.59 | −1.86 | 130.85 | −5.10 | 144.50 | −22.40 | 135.08 | 7.88 |
| 1900 | 126.14 | 3.18 | 127.32 | 0.07 | 124.95 | 10.42 | 130.98 | −1.85 | 132.24 | −5.09 | 145.89 | −22.39 | 136.48 | 7.88 |
| 2000 | 127.54 | 3.19 | 128.72 | 0.08 | 126.35 | 10.43 | 132.38 | −1.84 | 133.64 | −5.08 | 147.28 | −22.38 | 137.87 | 7.89 |

| 中国名 | 酒旗 | | 酒旗 | | 右民角 | | 軒轅 | | 張距星 | | 軒轅 | | 軒轅夫人 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO.<br>星名 (BR)<br>RA V1<br>DEC V2 | 3782<br>5, ξ Leo ($4^m.97$)<br>$9^h26^m33^s.3$ −″093<br>11°44′34″ −″086 | | 3818<br>7 Leo ($6^m.36$)<br>$9^h30^m25^s.0$ −″038<br>14°49′34″ −″005 | | 3852<br>14, ο Leo ($3^m.52$)<br>$9^h35^m48^s.8$ −″143<br>10°20′50″ −″041 | | 3873<br>17, ε Leo ($2^m.98$)<br>$9^h40^m10^s.5$ −″045<br>24°14′5″ −″015 | | 3903<br>39, $\upsilon^1$Hya ($4^m.12$)<br>$9^h46^m40^s.0$ ″016<br>−14°22′39″ −″031 | | 3937<br>27, ν Leo ($5^m.26$)<br>$9^h52^m50^s.6$ −″025<br>12°55′19″ −″020 | | 3975<br>30, η Leo ($3^m.52$)<br>$10^h 1^m52^s.9$ −″001<br>17°15′ 1″ −″006 | |
| − 400$^y$ | 108°.36 | −3°.28 | 108°.25 | −0°.12 | 111°.00 | −3°.89 | 107°.35 | 9°.53 | 122°.47 | −26°.20 | 114°.01 | −0°.11 | 114°.54 | 4°.70 |
| − 300 | 109.74 | −3.28 | 109.63 | −0.11 | 112.38 | −3.88 | 108.73 | 9.54 | 123.85 | −26.19 | 115.39 | −0.10 | 115.92 | 4.71 |
| − 200 | 111.12 | −3.27 | 111.02 | −0.10 | 113.76 | −3.88 | 110.11 | 9.55 | 125.23 | −26.18 | 116.77 | −0.09 | 117.31 | 4.71 |
| − 100 | 112.50 | −3.26 | 112.40 | −0.09 | 115.14 | −3.87 | 111.50 | 9.56 | 126.60 | −26.18 | 118.15 | −0.08 | 118.69 | 4.72 |
| 0 | 113.88 | −3.26 | 113.78 | −0.08 | 116.52 | −3.86 | 112.88 | 9.56 | 127.98 | −26.17 | 119.54 | −0.08 | 120.08 | 4.73 |
| + 100 | 115.27 | −3.25 | 115.16 | −0.08 | 117.90 | −3.86 | 114.27 | 9.57 | 129.36 | −26.17 | 120.92 | −0.07 | 121.46 | 4.74 |
| 200 | 116.65 | −3.25 | 116.55 | −0.07 | 119.28 | −3.85 | 115.65 | 9.58 | 130.74 | −26.16 | 122.31 | −0.06 | 122.85 | 4.74 |
| 300 | 118.03 | −3.24 | 117.93 | −0.06 | 120.66 | −3.84 | 117.04 | 9.59 | 132.12 | −26.16 | 123.69 | −0.05 | 124.24 | 4.75 |
| 400 | 119.42 | −3.23 | 119.32 | −0.05 | 122.05 | −3.84 | 118.43 | 9.60 | 133.51 | −26.15 | 125.08 | −0.05 | 125.62 | 4.76 |
| 500 | 120.80 | −3.23 | 120.70 | −0.04 | 123.43 | −3.83 | 119.81 | 9.61 | 134.89 | −26.14 | 126.46 | −0.04 | 127.01 | 4.77 |
| 600 | 122.19 | −3.22 | 122.09 | −0.03 | 124.81 | −3.83 | 121.20 | 9.61 | 136.27 | −26.14 | 127.85 | −0.03 | 128.40 | 4.77 |
| 700 | 123.57 | −3.22 | 123.48 | −0.03 | 126.20 | −3.82 | 122.59 | 9.62 | 137.65 | −26.13 | 129.24 | −0.03 | 129.79 | 4.78 |
| 800 | 124.96 | −3.21 | 124.87 | −0.02 | 127.58 | −3.82 | 123.98 | 9.63 | 139.04 | −26.13 | 130.63 | −0.02 | 131.18 | 4.79 |
| 900 | 126.35 | −3.21 | 126.26 | −0.01 | 128.97 | −3.81 | 125.37 | 9.64 | 140.42 | −26.12 | 132.02 | −0.01 | 132.57 | 4.80 |
| 1000 | 127.73 | −3.20 | 127.64 | 0.00 | 130.35 | −3.81 | 126.76 | 9.64 | 141.81 | −26.12 | 133.41 | −0.01 | 133.96 | 4.80 |
| 1100 | 129.12 | −3.20 | 129.04 | 0.00 | 131.74 | −3.80 | 128.15 | 9.65 | 143.19 | −26.11 | 134.80 | 0.00 | 135.35 | 4.81 |
| 1200 | 130.51 | −3.19 | 130.42 | 0.01 | 133.13 | −3.79 | 129.54 | 9.66 | 144.58 | −26.11 | 136.19 | 0.01 | 136.74 | 4.82 |
| 1300 | 131.90 | −3.19 | 131.82 | 0.02 | 134.51 | −3.79 | 130.94 | 9.67 | 145.97 | −26.11 | 137.58 | 0.01 | 138.14 | 4.82 |
| 1400 | 133.29 | −3.18 | 133.21 | 0.03 | 135.90 | −3.78 | 132.33 | 9.67 | 147.35 | −26.10 | 138.97 | 0.02 | 139.53 | 4.83 |
| 1500 | 134.68 | −3.18 | 134.60 | 0.03 | 137.29 | −3.78 | 133.72 | 9.68 | 148.74 | −26.10 | 140.36 | 0.02 | 140.92 | 4.84 |
| 1600 | 136.07 | −3.17 | 135.99 | 0.04 | 138.68 | −3.78 | 135.12 | 9.69 | 150.13 | −26.09 | 141.76 | 0.03 | 142.32 | 4.84 |
| 1700 | 137.47 | −3.17 | 137.39 | 0.05 | 140.07 | −3.77 | 136.52 | 9.70 | 151.52 | −26.09 | 143.15 | 0.04 | 143.72 | 4.85 |
| 1800 | 138.86 | −3.16 | 138.78 | 0.06 | 141.46 | −3.77 | 137.91 | 9.70 | 152.91 | −26.08 | 144.55 | 0.04 | 145.11 | 4.85 |
| 1900 | 140.25 | −3.16 | 140.18 | 0.06 | 142.86 | −3.76 | 139.31 | 9.71 | 154.30 | −26.08 | 145.94 | 0.05 | 146.51 | 4.86 |
| 2000 | 141.65 | −3.16 | 141.57 | 0.07 | 144.25 | −3.76 | 140.70 | 9.72 | 155.69 | −26.08 | 147.34 | 0.05 | 147.90 | 4.87 |

| 中国名 | 御女 | | 軒轅大星（女主） | | 軒轅 | | 左民角 | | 翼距星 | | 霊台 | | 霊台 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO.<br>星名 (BR)<br>RA V1<br>DEC V2 | 3980<br>31 Leo (4$^m$.37)<br>10$^h$ 2$^m$35$^s$.8 −″081<br>10°29′16″ −″065 | | 3982<br>32, α Leo (1$^m$.35)<br>10$^h$ 3$^m$ 2$^s$.8 −″249<br>12°27′22″ ″003 | | 4057<br>41, γ$^1$ Leo(2$^m$.61)<br>10$^h$14$^m$27$^s$.6 ″307<br>20°20′51″ −″151 | | 4133<br>47, ρ Leo (3$^m$.85)<br>10$^h$27$^m$32″.7 −″009<br>9°49′17″ −″006 | | 4287<br>7, α Crt (4$^m$.08)<br>10$^h$54$^m$54$^s$.1 −″465<br>−17°45′58″ ″124 | | 4294<br>59 Leo (4$^m$.99)<br>10$^h$55$^m$33$^s$.8 −″051<br>6°38′19″ −″029 | | 4310<br>63, χ Leo (4$^m$.63)<br>10$^h$59$^m$51$^s$.5 −″342<br>7°52′36″ −″050 | |
| − 400$^y$ | 117°.12 | −1°.52 | 116°.64 | 0°.36 | 116°.00 | 8°.66 | 123°.05 | 0°.02 | 140°.82 | −22°.70 | 130°.69 | −0°.27 | 131°.36 | 1°.37 |
| − 300 | 118.50 | −1.51 | 118.02 | 0.36 | 117.40 | 8.67 | 124.43 | 0.03 | 142.18 | −22.70 | 132.07 | −0.26 | 132.73 | 1.37 |
| − 200 | 119.88 | −1.51 | 119.39 | 0.37 | 118.79 | 8.68 | 125.82 | 0.04 | 143.55 | −22.70 | 133.45 | −0.26 | 134.11 | 1.37 |
| − 100 | 121.26 | −1.50 | 120.77 | 0.37 | 120.18 | 8.69 | 127.20 | 0.04 | 144.91 | −22.70 | 134.84 | −0.26 | 135.48 | 1.37 |
| 0 | 122.64 | −1.50 | 122.15 | 0.38 | 121.58 | 8.70 | 128.58 | 0.05 | 146.28 | −22.70 | 136.22 | −0.25 | 136.86 | 1.37 |
| + 100 | 124.02 | −1.49 | 123.53 | 0.39 | 122.98 | 8.71 | 129.97 | 0.06 | 147.64 | −22.70 | 137.60 | −0.25 | 138.24 | 1.37 |
| 200 | 125.41 | −1.49 | 124.90 | 0.39 | 124.37 | 8.71 | 131.35 | 0.06 | 149.01 | −22.70 | 138.99 | −0.25 | 139.61 | 1.37 |
| 300 | 126.79 | −1.48 | 126.28 | 0.40 | 125.77 | 8.72 | 132.74 | 0.07 | 150.37 | −22.70 | 140.37 | −0.24 | 140.99 | 1.37 |
| 400 | 128.18 | −1.48 | 127.66 | 0.40 | 127.17 | 8.73 | 134.12 | 0.07 | 151.74 | −22.70 | 141.76 | −0.24 | 142.37 | 1.37 |
| 500 | 129.56 | −1.48 | 129.04 | 0.41 | 128.56 | 8.73 | 135.51 | 0.08 | 153.11 | −22.70 | 143.14 | −0.24 | 143.75 | 1.37 |
| 600 | 130.95 | −1.47 | 130.43 | 0.41 | 129.96 | 8.74 | 136.90 | 0.08 | 154.47 | −22.70 | 144.53 | −0.23 | 145.13 | 1.37 |
| 700 | 132.33 | −1.47 | 131.81 | 0.41 | 131.36 | 8.74 | 138.29 | 0.09 | 155.84 | −22.70 | 145.92 | −0.23 | 146.51 | 1.37 |
| 800 | 133.72 | −1.46 | 133.19 | 0.42 | 132.76 | 8.75 | 139.68 | 0.10 | 157.21 | −22.70 | 147.30 | −0.23 | 147.89 | 1.36 |
| 900 | 135.11 | −1.46 | 134.57 | 0.42 | 134.16 | 8.76 | 141.06 | 0.10 | 158.58 | −22.70 | 148.69 | −0.23 | 149.27 | 1.36 |
| 1000 | 136.50 | −1.45 | 135.96 | 0.43 | 135.57 | 8.76 | 142.46 | 0.11 | 159.95 | −22.70 | 150.08 | −0.22 | 150.65 | 1.36 |
| 1100 | 137.88 | −1.45 | 137.34 | 0.43 | 136.97 | 8.77 | 143.84 | 0.11 | 161.32 | −22.70 | 151.47 | −0.22 | 152.04 | 1.36 |
| 1200 | 139.27 | −1.45 | 138.73 | 0.44 | 138.37 | 8.77 | 145.24 | 0.12 | 162.69 | −22.70 | 152.86 | −0.22 | 153.42 | 1.36 |
| 1300 | 140.66 | −1.44 | 140.11 | 0.44 | 139.77 | 8.78 | 146.63 | 0.12 | 164.07 | −22.71 | 154.25 | −0.22 | 154.80 | 1.36 |
| 1400 | 142.06 | −1.44 | 141.50 | 0.44 | 141.18 | 8.78 | 148.02 | 0.12 | 165.44 | −22.71 | 155.64 | −0.22 | 156.19 | 1.35 |
| 1500 | 143.45 | −1.44 | 142.89 | 0.45 | 142.58 | 8.79 | 149.41 | 0.13 | 166.81 | −22.71 | 157.04 | −0.21 | 157.57 | 1.35 |
| 1600 | 144.84 | −1.43 | 144.27 | 0.45 | 143.99 | 8.80 | 150.81 | 0.13 | 168.19 | −22.71 | 158.43 | −0.21 | 158.96 | 1.35 |
| 1700 | 146.23 | −1.43 | 145.66 | 0.45 | 145.39 | 8.80 | 152.20 | 0.14 | 169.56 | −22.71 | 159.82 | −0.21 | 160.34 | 1.35 |
| 1800 | 147.62 | −1.43 | 147.05 | 0.46 | 146.88 | 8.81 | 153.60 | 0.14 | 170.94 | −22.71 | 161.22 | −0.21 | 161.73 | 1.35 |
| 1900 | 149.02 | −1.42 | 148.44 | 0.46 | 148.21 | 8.81 | 154.99 | 0.15 | 172.31 | −22.71 | 162.61 | −0.21 | 163.12 | 1.34 |
| 2000 | 150.41 | −1.42 | 149.83 | 0.46 | 149.62 | 8.82 | 156.39 | 0.15 | 173.69 | −22.72 | 164.01 | −0.21 | 164.51 | 1.34 |

| 中国名 | 西次相 | | 西上将 | | 西次将 | | 明堂 | | 内屏 | | 五帝座 | | 右執法 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO.<br>星名 (BR)<br>RA V1<br>DEC V2 | 4359<br>70, $\theta$ Leo ($3^m.34$)<br>$11^h8^m59^s.6$<br>15°58′34″ | <br><br>−″061<br>−″083 | 4386<br>77, $\sigma$ Leo ($4^m.05$)<br>$11^h15^m58^s.8$<br>6°34′39″ | <br><br>−″095<br>−″015 | 4399<br>78, $\iota$ Leo ($3^m.94$)<br>$11^h18^m42^s.7$<br>11°4′49″ | <br><br>″166<br>−″079 | 4471<br>91, $\upsilon$ Leo ($4^m.30$)<br>$11^h31^m49^s.7$<br>−0°16′18″ | <br><br>″001<br>″038 | 4517<br>3, $\nu$ Vir ($4^m.03$)<br>$11^h40^m43^s.1$<br>7° 5′23″ | <br><br>−″021<br>−″187 | 4534<br>94, $\beta$ Leo ($2^m.14$)<br>$11^h43^m57^s.5$<br>15° 7′52″ | <br><br>−″497<br>−″119 | 4540<br>5, $\beta$ Vir ($3^m.61$)<br>$11^h45^m29^s.1$<br>2°19′42″ | <br><br>″741<br>−″275 |
| −400$^y$ | 130°.05 | 9°.65 | 135°.41 | 1°.66 | 134°.07 | 6°.04 | 141°.72 | −3°.10 | 140°.76 | 4°.67 | 138°.48 | 12°.43 | 143°.29 | 0°.64 |
| −300 | 131.43 | 9.65 | 136.79 | 1.67 | 135.46 | 6.04 | 143.10 | −3.10 | 142.14 | 4.67 | 139.86 | 12.42 | 144.70 | 0.65 |
| −200 | 132.81 | 9.65 | 138.17 | 1.67 | 136.85 | 6.04 | 144.48 | −3.09 | 143.52 | 4.67 | 141.23 | 12.41 | 146.10 | 0.65 |
| −100 | 134.20 | 9.65 | 139.55 | 1.67 | 138.24 | 6.05 | 145.87 | −3.09 | 144.91 | 4.66 | 142.61 | 12.41 | 147.51 | 0.65 |
| 0 | 135.58 | 9.66 | 140.93 | 1.68 | 139.63 | 6.05 | 147.25 | −3.09 | 146.30 | 4.66 | 143.98 | 12.40 | 148.91 | 0.66 |
| +100 | 136.97 | 9.66 | 142.32 | 1.68 | 141.02 | 6.06 | 148.63 | −3.08 | 147.68 | 4.66 | 145.36 | 12.40 | 150.32 | 0.66 |
| 200 | 138.86 | 9.66 | 143.70 | 1.68 | 142.41 | 6.06 | 150.02 | −3.08 | 149.07 | 4.66 | 146.73 | 12.39 | 151.73 | 0.66 |
| 300 | 139.74 | 9.66 | 145.08 | 1.68 | 143.80 | 6.06 | 151.40 | −3.08 | 150.46 | 4.65 | 148.11 | 12.39 | 153.14 | 0.67 |
| 400 | 141.13 | 9.66 | 146.47 | 1.68 | 145.20 | 6.07 | 152.79 | −3.07 | 151.85 | 4.65 | 149.49 | 12.38 | 154.54 | 0.67 |
| 500 | 142.52 | 9.66 | 147.85 | 1.68 | 146.59 | 6.07 | 154.17 | −3.07 | 153.24 | 4.65 | 150.87 | 12.37 | 155.95 | 0.67 |
| 600 | 143.91 | 9.67 | 149.24 | 1.69 | 147.98 | 6.07 | 155.56 | −3.07 | 154.63 | 4.64 | 152.25 | 12.37 | 157.36 | 0.67 |
| 700 | 145.30 | 9.67 | 150.63 | 1.69 | 149.38 | 6.08 | 156.94 | −3.07 | 156.02 | 4.64 | 153.63 | 12.36 | 158.77 | 0.68 |
| 800 | 146.69 | 9.67 | 152.01 | 1.69 | 150.77 | 6.08 | 158.34 | −3.06 | 157.41 | 4.64 | 155.01 | 12.35 | 160.18 | 0.68 |
| 900 | 148.08 | 9.67 | 153.40 | 1.69 | 152.17 | 6.08 | 159.72 | −3.06 | 158.80 | 4.63 | 156.39 | 12.35 | 161.60 | 0.68 |
| 1000 | 149.47 | 9.67 | 154.79 | 1.69 | 153.56 | 6.08 | 161.11 | −3.06 | 160.20 | 4.63 | 157.77 | 12.34 | 163.01 | 0.68 |
| 1100 | 150.86 | 9.67 | 156.18 | 1.69 | 154.96 | 6.09 | 162.50 | −3.06 | 161.59 | 4.63 | 159.15 | 12.33 | 164.42 | 0.68 |
| 1200 | 152.26 | 9.67 | 157.57 | 1.69 | 156.36 | 6.09 | 163.89 | −3.06 | 162.98 | 4.62 | 160.53 | 12.33 | 165.83 | 0.69 |
| 1300 | 153.65 | 9.67 | 158.96 | 1.69 | 157.76 | 6.09 | 165.28 | −3.05 | 164.38 | 4.62 | 161.92 | 12.32 | 167.25 | 0.69 |
| 1400 | 155.04 | 9.67 | 160.35 | 1.69 | 159.16 | 6.09 | 166.67 | −3.05 | 165.78 | 4.61 | 163.30 | 12.31 | 168.66 | 0.69 |
| 1500 | 156.44 | 9.67 | 161.74 | 1.70 | 160.56 | 6.10 | 168.07 | −3.05 | 167.17 | 4.61 | 164.68 | 12.30 | 170.08 | 0.69 |
| 1600 | 157.84 | 9.67 | 163.13 | 1.70 | 161.96 | 6.10 | 169.46 | −3.05 | 168.57 | 4.60 | 166.07 | 12.30 | 170.08 | 0.69 |
| 1700 | 159.23 | 9.67 | 164.52 | 1.70 | 163.36 | 6.10 | 170.85 | −3.05 | 169.96 | 4.60 | 167.46 | 12.29 | 171.49 | 0.69 |
| 1800 | 160.63 | 9.67 | 165.92 | 1.70 | 164.76 | 6.10 | 172.25 | −3.05 | 171.36 | 4.60 | 168.84 | 12.28 | 172.91 | 0.69 |
| 1900 | 162.02 | 9.67 | 167.31 | 1.70 | 166.16 | 6.10 | 173.64 | −3.05 | 172.76 | 4.59 | 170.23 | 12.27 | 174.33 | 0.69 |
| 2000 | 163.42 | 9.67 | 168.70 | 1.70 | 167.57 | 6.11 | 175.04 | −3.05 | 174.16 | 4.59 | 171.62 | 12.27 | 175.74 | 0.69 |

| 中国名 | 内屏 | 軫距星 | 左執法 | 謁者 | 進賢 | 東上相 | 進賢 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO.<br>星名 (BR)<br>RA V1<br>DEC V2 | 4589<br>8, $\pi$ Vir (4$^{m}$.66)<br>$11^{h}55^{m}44^{s}.9$ −″001<br>7°10′19″ −″034 | 4662<br>4, $\gamma$ Crv (2$^{m}$.59)<br>$12^{h}10^{m}39^{s}.7$ −″163<br>−16°59′12″ ″018 | 4689<br>15, $\eta$ Vir (3$^{m}$.89)<br>$12^{h}14^{m}47^{s}.3$ −″064<br>−0° 6′40″ −″022 | 4695<br>16 Vir (4$^{m}$.96)<br>$12^{h}15^{m}16^{s}.2$ −″293<br>3°52′10″ −″070 | 4813<br>26, $\chi$ Vir (4$^{m}$.66)<br>$12^{h}34^{m}5^{s}.0$ −″079<br>−7°26′43″ −″031 | 4825<br>29, $\gamma$ Vir (3$^{m}$.65)<br>$12^{h}36^{m}35^{s}.5$ −″568<br>−0°54′ 3″ ″008 | 4902<br>40, $\psi$ Vir (4$^{m}$.79)<br>$12^{h}49^{m}9^{s}.1$ −″028<br>−8°59′45″ −″020 |
| − 400$^{y}$ | 144°.15 6°.16 | 157°.57 −14°.41 | 151°.52 1°.42 | 150°.14 5°.20 | 158°.87 −3°.36 | 157°.13 2°.99 | 162°.89 −3°.33 |
| − 300 | 145.56 6.16 | 158.95 −14.41 | 152.90 1.42 | 151.52 5.19 | 160.25 −3.37 | 158.50 2.98 | 164.27 −3.33 |
| − 200 | 146.94 6.16 | 160.32 −14.42 | 154.28 1.42 | 152.90 5.19 | 161.63 −3.37 | 159.87 2.97 | 165.65 −3.33 |
| − 100 | 148.33 6.16 | 161.70 −14.42 | 155.66 1.42 | 154.27 5.18 | 163.01 −3.37 | 161.24 2.97 | 167.03 −3.34 |
| 0 | 149.71 6.16 | 163.07 −14.42 | 157.04 1.41 | 155.65 5.18 | 164.39 −3.38 | 162.61 2.96 | 168.42 −3.34 |
| + 100 | 151.10 6.16 | 164.45 −14.42 | 158.43 1.41 | 157.03 5.17 | 165.78 −3.38 | 163.98 2.95 | 169.80 −3.35 |
| 200 | 152.49 6.16 | 165.83 −14.43 | 159.81 1.41 | 158.41 5.17 | 167.16 −3.39 | 165.35 2.94 | 171.18 −3.35 |
| 300 | 153.88 6.16 | 167.20 −14.43 | 161.20 1.41 | 159.79 5.16 | 168.54 −3.39 | 166.72 2.94 | 172.57 −3.35 |
| 400 | 155.26 6.16 | 168.58 −14.43 | 162.58 1.41 | 161.17 5.16 | 169.93 −3.39 | 168.10 2.93 | 173.95 −3.36 |
| 500 | 156.65 6.16 | 169.96 −14.44 | 163.97 1.41 | 162.56 5.15 | 171.31 −3.40 | 169.47 2.92 | 175.34 −3.36 |
| 600 | 158.04 6.16 | 171.34 −14.44 | 165.35 1.40 | 163.94 5.15 | 172.70 −3.40 | 170.84 2.91 | 176.72 −3.36 |
| 700 | 159.43 6.16 | 172.72 −14.44 | 166.74 1.40 | 165.32 5.14 | 174.08 −3.41 | 172.22 2.90 | 178.12 −3.37 |
| 800 | 160.82 6.16 | 174.10 −14.45 | 168.13 1.40 | 166.70 5.14 | 175.47 −3.41 | 173.59 2.90 | 179.50 −3.37 |
| 900 | 162.21 6.16 | 175.48 −14.45 | 169.52 1.40 | 168.09 5.13 | 176.86 −3.41 | 174.97 2.89 | 180.89 −3.38 |
| 1000 | 163.61 6.16 | 176.87 −14.46 | 170.91 1.40 | 169.47 5.13 | 178.24 −3.42 | 176.34 2.88 | 182.28 −3.38 |
| 1100 | 165.00 6.16 | 178.25 −14.46 | 172.30 1.39 | 170.86 5.12 | 179.63 −3.42 | 177.72 2.87 | 183.67 −3.39 |
| 1200 | 160.39 6.16 | 179.63 −14.46 | 173.69 1.39 | 172.24 5.11 | 181.02 −3.43 | 179.10 2.86 | 185.06 −3.39 |
| 1300 | 167.78 6.16 | 181.02 −14.47 | 175.08 1.39 | 173.63 5.11 | 182.41 −3.43 | 180.48 2.85 | 186.45 −3.40 |
| 1400 | 169.18 6.16 | 182.40 −14.47 | 176.47 1.38 | 175.02 5.10 | 183.80 −3.44 | 181.86 2.84 | 187.84 −3.40 |
| 1500 | 170.57 6.16 | 183.79 −14.48 | 177.86 1.38 | 176.40 5.09 | 185.19 −3.44 | 183.24 2.84 | 189.23 −3.41 |
| 1600 | 171.97 6.16 | 185.18 −14.48 | 179.25 1.38 | 177.79 5.09 | 186.58 −3.45 | 184.62 2.83 | 190.62 −3.41 |
| 1700 | 173.37 6.16 | 186.56 −14.49 | 180.65 1.38 | 179.18 5.08 | 187.97 −3.45 | 186.00 2.82 | 192.02 −3.42 |
| 1800 | 174.76 6.16 | 187.95 −14.49 | 182.04 1.37 | 180.57 5.08 | 189.37 −3.46 | 187.38 2.81 | 193.41 −3.42 |
| 1900 | 176.16 6.15 | 189.34 −14.50 | 183.44 1.37 | 181.96 5.07 | 190.76 −3.46 | 188.76 2.80 | 194.80 −3.43 |
| 2000 | 177.56 6.15 | 190.72 −14.50 | 184.83 1.36 | 183.35 5.06 | 192.15 −3.47 | 190.14 2.79 | 196.20 −3.43 |

| 中国名 | 東次相 | | 平道 | | 角大星，距星 | | 角 | | 平道 | | 亢距星 | | 亢 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO. | 4910 | | 4963 | | 5056 | | 5107 | | 5150 | | 5315 | | 5338 | |
| 星名 (BR) | 43, δ Vir ($3^m.38$) | | 51, θ Vir ($4^m.38$) | | 67, α Vir ($0^m.98$) | | 79, ζ Vir ($3^m.37$) | | 82 Vir ($5^m.01$) | | 98, κ Vir ($4^m.19$) | | 99, ι Vir ($4^m.08$) | |
| RA V1 | $12^h50^m33^s.9$ | −″470 | $13^h\ 4^m46^s.2$ | −″034 | $13^h19^m55^s.4$ | −″043 | $13^h29^m35^s.8$ | −″286 | $13^h36^m21^s.7$ | −″099 | $14^h\ 7^m33^s.6$ | ″006 | $14^h10^m46^s.1$ | −″009 |
| DEC V2 | 3°56′27″ | −″058 | −5°0′18″ | −″037 | −10°38′22″ | −″033 | −0° 5′ 5″ | ″036 | −8°11′54″ | ″035 | −9°48′30″ | ″136 | − 5°31′24″ | −″432 |
| − 400$^y$ | 158°.35 | 8°.83 | 164°.90 | 1°.87 | 170°.53 | −1°.90 | 168°.94 | 8°.80 | 173°.43 | 1°.85 | 181°.16 | 3°.00 | 180°.33 | 7°.65 |
| − 300 | 159.72 | 8.83 | 166.28 | 1.87 | 171.91 | −1.90 | 170.31 | 8.80 | 174.81 | 1.85 | 182.55 | 3.00 | 181.72 | 7.63 |
| − 200 | 161.09 | 8.82 | 167.66 | 1.86 | 173.29 | −1.91 | 171.69 | 8.79 | 176.19 | 1.84 | 183.93 | 3.00 | 183.10 | 7.61 |
| − 100 | 162.47 | 8.81 | 169.04 | 1.86 | 174.67 | −1.91 | 173.07 | 8.78 | 177.57 | 1.84 | 185.31 | 3.00 | 184.49 | 7.59 |
| 0 | 163.84 | 8.80 | 170.43 | 1.85 | 176.06 | −1.92 | 174.44 | 8.78 | 178.95 | 1.83 | 186.70 | 2.99 | 185.88 | 7.58 |
| + 100 | 165.22 | 8.79 | 171.81 | 1.85 | 177.44 | −1.93 | 175.82 | 8.77 | 180.33 | 1.83 | 188.08 | 2.99 | 187.27 | 7.56 |
| 200 | 166.59 | 8.78 | 173.20 | 1.84 | 178.82 | −1.93 | 177.20 | 8.77 | 181.71 | 1.82 | 189.46 | 2.99 | 188.66 | 7.54 |
| 300 | 167.97 | 8.77 | 174.58 | 1.84 | 180.21 | −1.94 | 178.58 | 8.76 | 183.10 | 1.82 | 190.85 | 2.98 | 190.05 | 7.52 |
| 400 | 169.35 | 8.77 | 175.97 | 1.83 | 181.59 | −1.94 | 179.96 | 8.75 | 184.48 | 1.81 | 192.24 | 2.98 | 191.44 | 7.50 |
| 500 | 170.72 | 8.76 | 177.36 | 1.83 | 182.98 | −1.95 | 181.34 | 8.75 | 185.87 | 1.81 | 193.62 | 2.97 | 192.84 | 7.48 |
| 600 | 172.10 | 8.75 | 178.75 | 1.82 | 184.36 | −1.96 | 182.73 | 8.74 | 187.25 | 1.80 | 195.01 | 2.97 | 194.23 | 7.47 |
| 700 | 173.48 | 8.74 | 180.13 | 1.82 | 185.75 | −1.96 | 184.11 | 8.73 | 188.64 | 1.79 | 196.40 | 2.97 | 195.62 | 7.45 |
| 800 | 174.86 | 8.73 | 181.52 | 1.81 | 187.14 | −1.97 | 185.49 | 8.73 | 190.02 | 1.79 | 197.78 | 2.96 | 197.02 | 7.43 |
| 900 | 176.24 | 8.72 | 182.91 | 1.81 | 188.53 | −1.98 | 186.88 | 8.72 | 191.41 | 1.78 | 199.17 | 2.96 | 198.41 | 7.41 |
| 1000 | 177.62 | 8.71 | 184.30 | 1.80 | 189.92 | −1.98 | 188.26 | 8.71 | 192.80 | 1.78 | 200.56 | 2.96 | 199.81 | 7.39 |
| 1100 | 179.00 | 8.70 | 185.69 | 1.80 | 191.31 | −1.99 | 189.64 | 8.70 | 194.19 | 1.77 | 201.95 | 2.95 | 201.20 | 7.37 |
| 1200 | 180.38 | 8.69 | 187.08 | 1.79 | 192.70 | −2.00 | 191.03 | 8.70 | 195.58 | 1.76 | 203.34 | 2.95 | 202.60 | 7.35 |
| 1300 | 181.77 | 8.68 | 188.48 | 1.79 | 194.09 | −2.00 | 192.42 | 8.69 | 196.96 | 1.76 | 204.74 | 2.94 | 204.00 | 7.33 |
| 1400 | 183.15 | 8.67 | 189.87 | 1.78 | 195.48 | −2.01 | 193.80 | 8.68 | 198.35 | 1.75 | 206.13 | 2.94 | 205.40 | 7.32 |
| 1500 | 184.53 | 8.66 | 191.26 | 1.77 | 196.87 | −2.02 | 195.19 | 8.68 | 199.74 | 1.74 | 207.52 | 2.94 | 206.80 | 7.30 |
| 1600 | 185.92 | 8.65 | 192.66 | 1.77 | 198.26 | −2.03 | 196.58 | 8.67 | 201.14 | 1.74 | 208.91 | 2.93 | 208.20 | 7.28 |
| 1700 | 187.30 | 8.64 | 194.05 | 1.76 | 199.66 | −2.03 | 197.96 | 8.66 | 202.53 | 1.73 | 210.31 | 2.93 | 209.59 | 7.26 |
| 1800 | 188.69 | 8.63 | 195.44 | 1.76 | 201.05 | −2.04 | 199.35 | 8.65 | 203.92 | 1.72 | 211.70 | 2.92 | 210.99 | 7.24 |
| 1900 | 190.07 | 8.62 | 196.84 | 1.75 | 202.46 | −2.05 | 200.74 | 8.64 | 205.31 | 1.72 | 213.10 | 2.92 | 212.40 | 7.22 |
| 2000 | 191.46 | 8.61 | 198.24 | 1.74 | 203.84 | −2.05 | 202.13 | 8.64 | 206.71 | 1.71 | 214.49 | 2.91 | 213.80 | 7.20 |

| 中国名 | 亢南星 | | 亢 | | 亢 | | 氐 | | 氐距星 | | 氐 | | 折威 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO.<br>星名 (BR)<br>RA V1<br>DEC V2 | 5359<br>100, $\lambda$ Vir $(4^m.52)$<br>$14^h13^m41^s.8$ −″019<br>$-12°54'39''$ ″024 | | 5410<br>106 Vir $(5^m.42)$<br>$14^h23^m25^s.1$ −″021<br>$-6°27'5''$ −″059 | | 5487<br>107, $\mu$ Vir$(3^m.88)$<br>$14^h37^m47^s.3$ ″105<br>$-5°13'25''$ −″321 | | 5523<br>7, $\mu$ Lib $(5^m.31)$<br>$14^h43^m50^s.0$ −″064<br>$-13°43'57''$ −″019 | | 5531<br>9, $\alpha^2$Lib $(2^m.75)$<br>$14^h45^m20^s.7$ −″108<br>$-15°37'34''$ −″071 | | 5586<br>19, $\delta$ Lib $(4^m.92)$<br>$14^h55^m37^s.7$ −″067<br>$-8°7'20''$ −″009 | | 5603<br>20, $\sigma$ Lib $(3^m.29)$<br>$14^h58^m12^s.9$ −″073<br>$-24°53'20''$ −″047 | |
| − 400$^y$ | 183°.62 | 0°.67 | 183°.72 | 7°.61 | 186°.61 | 10°.06 | 190°.85 | 2°.28 | 191°.79 | 0°.62 | 191°.95 | 8°.49 | 197°.41 | −7°.36 |
| − 300 | 185.01 | 0.66 | 185.10 | 7.60 | 188.00 | 10.04 | 192.23 | 2.27 | 193.17 | 0.61 | 193.33 | 8.48 | 198.79 | −7.37 |
| − 200 | 186.39 | 0.66 | 186.49 | 7.59 | 189.39 | 10.03 | 193.62 | 2.26 | 194.55 | 0.60 | 194.71 | 8.47 | 200.17 | −7.38 |
| − 100 | 187.77 | 0.65 | 187.87 | 7.58 | 190.78 | 10.01 | 195.00 | 2.25 | 195.94 | 0.59 | 196.10 | 8.46 | 201.55 | −7.39 |
| 0 | 189.16 | 0.64 | 189.26 | 7.57 | 192.17 | 9.99 | 196.38 | 2.24 | 197.32 | 0.58 | 197.48 | 8.45 | 202.93 | −7.40 |
| + 100 | 190.54 | 0.63 | 190.64 | 7.56 | 193.57 | 9.98 | 197.76 | 2.23 | 198.70 | 0.57 | 198.86 | 8.44 | 204.31 | −7.41 |
| 200 | 191.92 | 0.63 | 192.03 | 7.55 | 194.96 | 9.96 | 199.15 | 2.22 | 200.08 | 0.55 | 200.25 | 8.43 | 205.70 | −7.43 |
| 300 | 193.31 | 0.62 | 193.42 | 7.54 | 196.35 | 9.95 | 200.53 | 2.21 | 201.47 | 0.54 | 201.64 | 8.42 | 207.08 | −7.44 |
| 400 | 194.69 | 0.61 | 194.81 | 7.53 | 197.75 | 9.93 | 201.92 | 2.20 | 202.85 | 0.53 | 203.02 | 8.41 | 208.46 | −7.45 |
| 500 | 196.08 | 0.61 | 196.20 | 7.53 | 199.14 | 9.92 | 203.30 | 2.19 | 204.24 | 0.52 | 204.41 | 8.40 | 209.85 | −7.46 |
| 600 | 197.47 | 0.60 | 197.58 | 7.52 | 200.54 | 9.90 | 204.69 | 2.18 | 205.62 | 0.51 | 205.80 | 8.39 | 211.23 | −7.47 |
| 700 | 198.86 | 0.59 | 198.97 | 7.51 | 201.93 | 9.88 | 206.08 | 2.17 | 207.01 | 0.49 | 207.18 | 8.38 | 212.62 | −7.48 |
| 800 | 200.24 | 0.58 | 200.36 | 7.50 | 203.33 | 9.87 | 207.47 | 2.16 | 208.39 | 0.48 | 208.57 | 8.37 | 214.00 | −7.50 |
| 900 | 201.63 | 0.58 | 201.76 | 7.49 | 204.72 | 9.85 | 208.85 | 2.15 | 209.78 | 0.47 | 209.96 | 8.36 | 215.39 | −7.51 |
| 1000 | 203.02 | 0.57 | 203.15 | 7.48 | 206.12 | 9.84 | 210.24 | 2.14 | 211.17 | 0.46 | 211.35 | 8.35 | 216.78 | −7.52 |
| 1100 | 204.41 | 0.56 | 204.54 | 7.47 | 207.52 | 9.82 | 211.63 | 2.13 | 212.56 | 0.45 | 212.74 | 8.34 | 218.17 | −7.53 |
| 1200 | 205.80 | 0.55 | 205.93 | 7.46 | 208.92 | 9.80 | 213.02 | 2.12 | 213.95 | 0.43 | 214.13 | 8.33 | 219.55 | −7.55 |
| 1300 | 207.20 | 0.55 | 207.32 | 7.45 | 210.32 | 9.79 | 214.41 | 2.11 | 215.34 | 0.42 | 215.52 | 8.32 | 220.94 | −7.56 |
| 1400 | 208.59 | 0.54 | 208.72 | 7.44 | 211.72 | 9.77 | 215.80 | 2.10 | 216.73 | 0.41 | 216.92 | 8.31 | 222.33 | −7.57 |
| 1500 | 209.98 | 0.53 | 210.11 | 7.43 | 213.12 | 9.75 | 217.20 | 2.09 | 218.12 | 0.40 | 218.31 | 8.30 | 223.72 | −7.58 |
| 1600 | 211.37 | 0.52 | 211.51 | 7.42 | 214.52 | 9.74 | 218.59 | 2.07 | 219.51 | 0.38 | 219.70 | 8.29 | 225.12 | −7.59 |
| 1700 | 212.77 | 0.51 | 212.90 | 7.41 | 215.92 | 9.72 | 219.98 | 2.06 | 220.90 | 0.37 | 221.10 | 8.28 | 226.51 | −7.61 |
| 1800 | 214.16 | 0.51 | 214.30 | 7.40 | 217.32 | 9.71 | 221.38 | 2.05 | 222.30 | 0.36 | 222.49 | 8.27 | 227.90 | −7.62 |
| 1900 | 215.56 | 0.50 | 215.70 | 7.39 | 218.73 | 9.69 | 222.77 | 2.04 | 223.69 | 0.35 | 223.89 | 8.26 | 229.29 | −7.63 |
| 2000 | 216.95 | 0.49 | 217.10 | 7.38 | 220.13 | 9.67 | 224.17 | 2.03 | 225.08 | 0.33 | 225.28 | 8.25 | 230.69 | −7.64 |

| 中 国 名 | 氐 | | 氐 | | 氐 | | 氐 | | 天 輻 | | 天 輻 | | 西 咸 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO.<br>星名 (BR)<br>RA V1<br>DEC V2 | 5622<br>21, ν Lib ($5^m.20$)<br>$15^h 1^m 2^s.8$<br>−15°52′ 9″ | <br><br>−″045<br>−″025 | 5652<br>24, $\iota^1$ Lib($4^m.54$)<br>$15^h 6^m 31^s.1$<br>−19°24′48″ | <br><br>−″038<br>−″043 | 5685<br>27, β Lib ($2^m.61$)<br>$15^h 11^m 37^s.4$<br>−9° 0′50″ | <br><br>−″098<br>−″023 | 5787<br>38, γ Lib ($3^m.91$)<br>$15^h 29^m 55^s$ 8<br>−14°27′22″ | <br><br>″062<br>″003 | 5794<br>39, υ Lib ($3^m.58$)<br>$15^h 30^m 57^s.1$<br>−27°48′14″ | <br><br>−″008<br>−″002 | 5812<br>40, τ Lib ($3^m.66$)<br>$15^h 32^m 30^s.7$<br>−29°26′56″ | <br><br>−″014<br>−″033 | 5908<br>46, θ Lib ($4^m.15$)<br>$15^h 48^m 7^s.8$<br>−16°26′ 9″ | <br><br>″098<br>″129 |
| − 400ʸ | 195°.45 | 1°.46 | 197°.68 | −1°.57 | 196°.06 | 8°.77 | 201°.74 | 4°.63 | 205°.30 | −8°.23 | 206°.04 | − 9°.72 | 206°.48 | 3°.65 |
| − 300 | 196.83 | 1.45 | 199.07 | −1.58 | 197.44 | 8.76 | 203.13 | 4.62 | 206.68 | −8.25 | 207.42 | − 9.74 | 207.86 | 3.64 |
| − 200 | 198.21 | 1.44 | 200.45 | −1.59 | 198.82 | 8.75 | 204.51 | 4.61 | 208.06 | −8.26 | 208.80 | − 9.75 | 209.24 | 3.63 |
| − 100 | 199.59 | 1.43 | 201.83 | −1.60 | 200.20 | 8.74 | 205.90 | 4.60 | 209.44 | −8.27 | 210.18 | − 9.76 | 210.63 | 3.63 |
| 0 | 200.98 | 1.42 | 203.21 | −1.61 | 201.58 | 8.72 | 207.28 | 4.59 | 210.82 | −8.28 | 211.57 | − 9.77 | 212.02 | 3.62 |
| + 100 | 202.36 | 1.41 | 204.60 | −1.63 | 202.97 | 8.71 | 208.67 | 4.58 | 212.21 | −8.29 | 212.95 | − 9.78 | 213.40 | 3.61 |
| 200 | 203.75 | 1.40 | 205.98 | −1.64 | 204.35 | 8.70 | 210.06 | 4.57 | 213.59 | −8.30 | 214.34 | − 9.80 | 214.79 | 3.61 |
| 300 | 205.13 | 1.38 | 207.37 | −1.65 | 205.74 | 8.69 | 211.45 | 4.56 | 214.98 | −8.31 | 215.72 | − 9.81 | 216.18 | 3.60 |
| 400 | 206.52 | 1.37 | 208.75 | −1.66 | 207.12 | 8.68 | 212.84 | 4.55 | 216.36 | −8.32 | 217.10 | − 9.82 | 217.57 | 3.59 |
| 500 | 207.90 | 1.36 | 210.14 | −1.67 | 208.51 | 8.67 | 214.22 | 4.54 | 217.75 | −8.33 | 218.49 | − 9.83 | 218.96 | 3.58 |
| 600 | 209.29 | 1.35 | 211.52 | −1.68 | 209.90 | 8.66 | 215.61 | 4.53 | 219.13 | −8.35 | 219.88 | − 9.85 | 220.35 | 3.58 |
| 700 | 210.68 | 1.34 | 212.91 | −1.69 | 211.28 | 8.65 | 217.00 | 4.52 | 220.52 | −8.36 | 221.26 | − 9.86 | 221.74 | 3.57 |
| 800 | 212.06 | 1.33 | 214.30 | −1.71 | 212.67 | 8.64 | 218.40 | 4.51 | 221.91 | −8.37 | 222.65 | − 9.87 | 223.13 | 3.56 |
| 900 | 213.45 | 1.32 | 215.69 | −1.72 | 214.06 | 8.62 | 219.79 | 4.50 | 223.30 | −8.38 | 224.04 | − 9.88 | 224.52 | 3.55 |
| 1000 | 214.84 | 1.31 | 217.08 | −1.73 | 215.45 | 8.61 | 221.18 | 4.49 | 224.68 | −8.39 | 225.43 | − 9.90 | 225.91 | 3.55 |
| 1100 | 216.23 | 1.30 | 218.47 | −1.74 | 216.84 | 8.60 | 222.57 | 4.48 | 226.08 | −8.40 | 226.82 | − 9.91 | 227.31 | 3.54 |
| 1200 | 217.62 | 1.29 | 219.86 | −1.75 | 218.23 | 8.59 | 223.97 | 4.47 | 227.46 | −8.41 | 228.21 | − 9.92 | 228.70 | 3.53 |
| 1300 | 219.02 | 1.28 | 221.25 | −1.77 | 219.62 | 8.58 | 225.36 | 4.46 | 228.86 | −8.43 | 229.60 | − 9.93 | 230.10 | 3.52 |
| 1400 | 220.41 | 1.26 | 222.64 | −1.78 | 221.01 | 8.57 | 226.76 | 4.45 | 230.25 | −8.44 | 230.99 | − 9.95 | 231.49 | 3.52 |
| 1500 | 221.80 | 1.25 | 224.03 | −1.79 | 222.40 | 8.55 | 228.15 | 4.44 | 231.64 | −8.45 | 232.38 | − 9.96 | 232.88 | 3.51 |
| 1600 | 223.19 | 1.24 | 225.43 | −1.80 | 223.80 | 8.54 | 229.55 | 4.43 | 233.03 | −8.46 | 233.77 | − 9.97 | 234.28 | 3.50 |
| 1700 | 224.59 | 1.23 | 226.82 | −1.81 | 225.19 | 8.53 | 230.94 | 4.42 | 234.42 | −8.47 | 235.17 | − 9.98 | 235.68 | 3.49 |
| 1800 | 225.98 | 1.22 | 228.21 | −1.83 | 226.58 | 8.52 | 232.34 | 4.41 | 235.82 | −8.48 | 236.56 | −10.00 | 237.08 | 3.49 |
| 1900 | 227.38 | 1.21 | 229.61 | −1.84 | 227.98 | 8.51 | 233.74 | 4.40 | 237.21 | −8.50 | 237.96 | −10.01 | 238.47 | 3.48 |
| 2000 | 228.77 | 1.20 | 231.00 | −1.85 | 229.37 | 8.50 | 235.14 | 4.39 | 238.61 | −8.51 | 239.35 | −10.02 | 239.87 | 3.47 |

| 中国名 | 房 | 左服，房距星 | 房上相 | 西咸 | 房上将 | 鉤鈐 | 鉤鈐 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO.<br>星名 (BR)<br>RA V1<br>DEC V2 | 5928<br>5, ρ Sco ($3^m.88$)<br>$15^h50^m42^s.5$ −″008<br>−28°55′19″ −″021 | 5944<br>6, π Sco ($2^m.89$)<br>$15^h52^m48^s.0$ −″009<br>−25°49′34″ −″027 | 5953<br>7, δ Sco ($2^m.32$)<br>$15^h54^m25^s.1$ −″010<br>−22°20′14″ −″025 | 5978<br>ξ Sco ($4^m.77$)<br>$15^h58^m52^s.0$ −″063<br>−11° 5′51″ −″033 | 5984<br>8, $\beta^1$Sco ($2^m.62$)<br>$15^h59^m37^s.2$ −″006<br>−19°31′54″ −″021 | 5993<br>9, $\omega^1$ Sco($3^m.96$)<br>$16^h 0^m57^s.3$ −″010<br>−20°23′54″ −″024 | 5997<br>10, $\omega^2$ Sco($4^m.32$)<br>$16^h 1^m32^s.3$ ″041<br>−20°35′55″ −″041 |
| − 400$^y$ | 209°.83 −8°.30 | 209°.61 −5°.17 | 209°.24 −1°.69 | 207°.98 9°.54 | 209°.85 1°.31 | 210°.33 0°.52 | 210°.47 0°.36 |
| − 300 | 211.21 −8.31 | 211.00 −5.19 | 210.62 −1.70 | 209.36 9.53 | 211.23 1.30 | 211.71 0.51 | 211.85 0.34 |
| − 200 | 212.59 −8.33 | 212.38 −5.20 | 212.00 −1.71 | 210.74 9.52 | 212.61 1.28 | 213.09 0.50 | 213.24 0.33 |
| − 100 | 213.97 −8.34 | 213.76 −5.21 | 213.38 −1.72 | 212.12 9.50 | 213.99 1.27 | 214.48 0.49 | 214.62 0.32 |
| 0 | 215.36 −8.35 | 215.14 −5.22 | 214.77 −1.74 | 213.51 9.49 | 215.38 1.26 | 215.86 0.47 | 216.01 0.31 |
| + 100 | 216.74 −8.36 | 216.53 −5.24 | 216.15 −1.75 | 214.89 9.48 | 216.76 1.24 | 217.25 0.46 | 217.39 0.29 |
| 200 | 218.12 −8.37 | 217.91 −5.25 | 217.54 −1.76 | 216.28 9.47 | 218.15 1.23 | 218.63 0.45 | 218.78 0.28 |
| 300 | 219.51 −8.39 | 219.30 −5.26 | 218.92 −1.77 | 217.66 9.45 | 219.53 1.22 | 220.02 0.44 | 220.17 0.27 |
| 400 | 220.89 −8.40 | 220.68 −5.27 | 220.31 −1.78 | 219.05 9.44 | 220.92 1.21 | 221.40 0.42 | 221.56 0.26 |
| 500 | 222.28 −8.41 | 222.07 −5.29 | 221.70 −1.80 | 220.43 9.43 | 222.31 1.20 | 222.79 0.41 | 222.94 0.24 |
| 600 | 223.67 −8.42 | 223.46 −5.30 | 223.08 −1.81 | 221.82 9.41 | 223.70 1.18 | 224.18 0.40 | 224.33 0.23 |
| 700 | 225.05 −8.44 | 224.84 −5.31 | 224.47 −1.82 | 223.21 9.40 | 225.08 1.17 | 225.57 0.39 | 225.72 0.22 |
| 800 | 226.44 −8.45 | 226.23 −5.32 | 225.86 −1.83 | 224.60 9.39 | 226.47 1.16 | 226.96 0.37 | 227.11 0.21 |
| 900 | 227.83 −8.46 | 227.62 −5.34 | 227.25 −1.85 | 225.99 9.38 | 227.86 1.15 | 228.34 0.36 | 228.50 0.19 |
| 1000 | 229.22 −8.47 | 229.01 −5.35 | 228.64 −1.86 | 227.38 9.36 | 229.25 1.13 | 229.74 0.35 | 229.90 0.18 |
| 1100 | 230.61 −8.49 | 230.40 −5.36 | 230.03 −1.87 | 228.77 9.35 | 230.64 1.12 | 231.12 0.34 | 231.29 0.17 |
| 1200 | 232.00 −8.50 | 231.79 −5.37 | 231.42 −1.88 | 230.16 9.34 | 232.04 1.11 | 232.52 0.32 | 232.68 0.15 |
| 1300 | 233.39 −8.51 | 233.18 −5.39 | 232.81 −1.90 | 231.55 9.32 | 233.43 1.10 | 233.91 0.31 | 234.07 0.14 |
| 1400 | 234.78 −8.52 | 234.57 −5.40 | 234.20 −1.91 | 232.94 9.31 | 234.82 1.08 | 235.30 0.30 | 235.47 0.13 |
| 1500 | 236.18 −8.54 | 235.97 −5.41 | 235.60 −1.92 | 234.33 9.30 | 236.21 1.07 | 236.69 0.28 | 236.86 0.12 |
| 1600 | 237.57 −8.55 | 237.36 −5.42 | 236.99 −1.94 | 235.73 9.29 | 237.61 1.06 | 238.09 0.27 | 238.26 0.10 |
| 1700 | 238.96 −8.56 | 238.75 −5.44 | 238.38 −1.95 | 237.12 9.27 | 239.00 1.05 | 239.48 0.26 | 239.65 0.09 |
| 1800 | 240.36 −8.57 | 240.15 −5.45 | 239.78 −1.96 | 238.52 9.26 | 240.40 1.04 | 240.88 0.25 | 241.05 0.08 |
| 1900 | 241.75 −8.59 | 241.54 −5.46 | 241.18 −1.97 | 239.91 9.25 | 241.79 1.02 | 242.27 0.23 | 242.45 0.06 |
| 2000 | 243.15 −8.60 | 242.94 −5.48 | 242.57 −1.99 | 241.30 9.23 | 243.19 1.01 | 243.67 0.22 | 243.84 0.05 |

| 中国名 | 鍵閉 | | 罰 | | 心前星，距星 | | 東咸 | | 心大星 | | 東咸 | | 心後星 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO. | 6027 | | 6048 | | 6084 | | 6104 | | 6134 | | 6153 | | 6165 | |
| 星名 (BR) | 14, ν Sco ($4^m.01$) | | 17, χ Sco ($5^m.22$) | | 20, σ Sco($2^m.89$) | | 4, ψ Oph ($4^m.50$) | | 21, α Sco ($0^m.96$) | | 9, ω Oph ($4^m.45$) | | 23, τ Sco ($2^m.82$) | |
| RA V1 | $16^h 6^h 10^s.9$ | −″011 | $16^h 8^m 18^s.9$ | −″013 | $16^h 15^m 6^s.5$ | −″009 | $16^h 18^m 15^s.0$ | −″028 | $16^h 23^m 16^s.4$ | −″007 | $16^h 26^m 12^s.4$ | ″013 | $16^h 29^m 39^s.3$ | −″008 |
| DEC V2 | −19°12′ 3″ | −″026 | −11°34′57″ | −″010 | −25°21′10″ | −″023 | −19°48′12″ | −″050 | −26°12′36″ | −″023 | −21°15′ 9″ | ″034 | −28° 0′31″ | −″025 |
| −400ʸ | 211°.30 | 1°.94 | 210°.35 | 9°.50 | 214°.47 | −3°.73 | 214°.22 | 1°.88 | 216°.43 | −4°.26 | 216°.28 | 0°.71 | 218°.13 | −5°.80 |
| −300 | 212.68 | 1.93 | 211.73 | 9.49 | 215.85 | −3.74 | 215.60 | 1.87 | 217.81 | −4.27 | 217.66 | 0.70 | 219.51 | −5.82 |
| −200 | 214.07 | 1.91 | 213.11 | 9.48 | 217.23 | −3.75 | 216.98 | 1.86 | 219.20 | −4.28 | 219.04 | 0.68 | 220.89 | −5.83 |
| −100 | 215.45 | 1.90 | 214.50 | 9.47 | 218.62 | −3.77 | 218.36 | 1.84 | 220.58 | −4.29 | 220.43 | 0.67 | 222.28 | −5.84 |
| 0 | 216.83 | 1.89 | 215.88 | 9.46 | 220.00 | −3.78 | 219.75 | 1.83 | 221.96 | −4.31 | 221.81 | 0.66 | 223.66 | −5.85 |
| +100 | 218.22 | 1.88 | 217.27 | 9.44 | 221.38 | −3.79 | 221.13 | 1.81 | 223.34 | −4.32 | 223.20 | 0.65 | 225.04 | −5.87 |
| 200 | 219.60 | 1.86 | 218.65 | 9.43 | 222.77 | −3.80 | 222.52 | 1.80 | 224.73 | −4.33 | 224.58 | 0.64 | 226.43 | −5.88 |
| 300 | 220.99 | 1.85 | 220.04 | 9.42 | 224.15 | −3.82 | 223.90 | 1.79 | 226.12 | −4.35 | 225.97 | 0.63 | 227.81 | −5.89 |
| 400 | 222.38 | 1.84 | 221.43 | 9.41 | 225.54 | −3.83 | 225.29 | 1.77 | 227.50 | −4.36 | 227.36 | 0.62 | 229.20 | −5.91 |
| 500 | 223.76 | 1.83 | 222.82 | 9.40 | 226.93 | −3.84 | 226.68 | 1.76 | 228.89 | −4.37 | 228.74 | 0.60 | 230.58 | −5.92 |
| 600 | 225.15 | 1.81 | 224.20 | 9.38 | 228.31 | −3.86 | 228.06 | 1.75 | 230.28 | −4.39 | 130.13 | 0.59 | 231.97 | −5.93 |
| 700 | 226.54 | 1.80 | 225.59 | 9.37 | 229.70 | −3.87 | 229.45 | 1.73 | 231.66 | −4.40 | 231.52 | 0.58 | 233.36 | −5.95 |
| 800 | 227.93 | 1.79 | 226.98 | 9.36 | 231.09 | −3.88 | 230.84 | 1.72 | 233.05 | −4.41 | 232.91 | 0.57 | 234.75 | −5.96 |
| 900 | 229.32 | 1.77 | 228.37 | 9.35 | 232.48 | −3.89 | 232.23 | 1.71 | 234.44 | −4.42 | 234.30 | 0.56 | 236.14 | −5.97 |
| 1000 | 230.71 | 1.76 | 229.76 | 9.34 | 233.87 | −3.91 | 233.62 | 1.69 | 235.83 | −4.44 | 235.69 | 0.55 | 237.53 | −5.99 |
| 1100 | 232.10 | 1.75 | 231.15 | 9.32 | 235.26 | −3.92 | 235.01 | 1.68 | 237.22 | −4.45 | 237.08 | 0.54 | 238.92 | −6.00 |
| 1200 | 233.49 | 1.74 | 232.55 | 9.31 | 236.65 | −3.93 | 236.40 | 1.66 | 238.61 | −4.46 | 238.47 | 0.52 | 240.31 | −6.01 |
| 1300 | 234.88 | 1.72 | 233.94 | 9.30 | 238.04 | −3.95 | 237.79 | 1.65 | 240.00 | −4.48 | 239.86 | 0.51 | 241.70 | −6.03 |
| 1400 | 236.28 | 1.71 | 235.33 | 9.29 | 239.43 | −3.96 | 239.18 | 1.64 | 241.40 | −4.49 | 241.28 | 0.50 | 243.09 | −6.04 |
| 1500 | 237.67 | 1.70 | 236.73 | 9.27 | 240.83 | −3.97 | 240.58 | 1.62 | 242.79 | −4.50 | 242.65 | 0.49 | 244.48 | −6.05 |
| 1600 | 239.06 | 1.68 | 238.12 | 9.26 | 242.22 | −3.99 | 241.97 | 1.61 | 244.18 | −4.52 | 244.04 | 0.48 | 245.88 | −6.07 |
| 1700 | 240.46 | 1.67 | 239.52 | 9.25 | 243.61 | −4.00 | 243.36 | 1.59 | 245.58 | −4.53 | 245.44 | 0.47 | 247.27 | −6.08 |
| 1800 | 241.85 | 1.66 | 240.91 | 9.24 | 245.01 | −4.01 | 244.76 | 1.58 | 246.97 | −4.54 | 246.84 | 0.46 | 248.66 | −6.09 |
| 1900 | 243.25 | 1.65 | 242.31 | 9.22 | 246.40 | −4.02 | 246.15 | 1.57 | 248.37 | −4.56 | 248.23 | 0.44 | 250.06 | −6.11 |
| 2000 | 244.64 | 1.63 | 243.70 | 9.21 | 247.80 | −4.04 | 247.55 | 1.55 | 249.76 | −4.57 | 249.63 | 0.43 | 251.46 | −6.12 |

| 中国名 | 韓 | | 尾 | | 尾距星 | | 宋 | | 天江 | | 天江 | | 天江 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO.<br>星名 (BR)<br>RA V1<br>DEC V2 | 6175<br>13, $\zeta$ Oph ($2^m.56$)<br>$16^h31^m39^s.0$ ″012<br>−10°21′53″ ″023 | | 6241<br>26, $\varepsilon$ Sco ($2^m.29$)<br>$16^h43^m41^s.1$ −″610<br>−34° 6′42″ −″255 | | 6247<br>$\mu^1$Sco ($3^m.08$)<br>$16^h45^m 5^s.7$ −″012<br>−37°52′33″ −″029 | | 6378<br>35, $\eta$ Oph ($2^m.43$)<br>$17^h 4^m38^s.5$ ″038<br>−15°36′4″ ″095 | | 6402<br>36 Oph ($5^m.29$)<br>$17^h 9^m11^s.8$ −″495<br>−26°27′17″−1″132 | | 6424<br>39, $o$ Oph ($5^m.20$)<br>$17^h11^m54^s.7$ −″053<br>−24°10′41″ −″010 | | 6445<br>40, $\xi$ Oph ($4^m.39$)<br>$17^h15^m 0^s.6$ ″231<br>−21° 0′20″ −″209 | |
| − $400^y$ | 215°.86 | 11°.67 | 222°.40 | −11°.21 | 222°.84 | −15°.09 | 224°.60 | 7°.44 | 226°.92 | −2°.46 | 227°.13 | −0°.87 | 227°.40 | 2°.46 |
| − 300 | 217.24 | 11.66 | 223.76 | −11.23 | 224.22 | −15.11 | 225.98 | 7.43 | 228.30 | −2.50 | 228.51 | −0.89 | 228.79 | 2.44 |
| − 200 | 218.62 | 11.65 | 225.13 | −11.25 | 225.60 | −15.12 | 227.37 | 7.42 | 229.67 | −2.55 | 229.80 | −0.90 | 230.18 | 2.42 |
| − 100 | 220.01 | 11.64 | 226.50 | −11.27 | 226.98 | −15.14 | 228.75 | 7.41 | 231.04 | −2.59 | 231.28 | −0.91 | 231.57 | 2.40 |
| 0 | 221.40 | 11.63 | 227.86 | −11.30 | 228.37 | −15.15 | 230.14 | 7.40 | 232.41 | −2.64 | 232.66 | −0.93 | 232.96 | 2.39 |
| + 100 | 222.78 | 11.61 | 229.23 | −11.32 | 229.75 | −15.16 | 231.52 | 7.39 | 233.79 | −2.68 | 234.04 | −0.94 | 234.35 | 2.37 |
| 200 | 224.17 | 11.60 | 230.60 | −11.34 | 231.14 | −15.18 | 232.91 | 7.38 | 235.16 | −2.73 | 235.43 | −0.96 | 235.74 | 2.35 |
| 300 | 225.56 | 11.59 | 231.97 | −11.36 | 232.52 | −15.19 | 234.30 | 7.37 | 236.54 | −2.77 | 236.81 | −0.97 | 237.13 | 2.33 |
| 400 | 226.94 | 11.58 | 233.34 | −11.38 | 233.90 | −15.20 | 235.68 | 7.36 | 237.91 | −2.82 | 238.20 | −0.98 | 238.53 | 2.31 |
| 500 | 228.33 | 11.57 | 234.71 | −11.41 | 235.29 | −15.22 | 237.07 | 7.35 | 239.29 | −2.87 | 239.58 | −0.99 | 239.92 | 2.29 |
| 600 | 229.72 | 11.56 | 236.08 | −11.43 | 236.68 | −15.23 | 238.46 | 7.34 | 240.67 | −2.91 | 240.97 | −1.01 | 241.32 | 2.28 |
| 700 | 231.11 | 11.54 | 237.45 | −11.45 | 238.06 | −15.24 | 239.85 | 7.33 | 242.04 | −2.96 | 242.35 | −1.02 | 242.71 | 2.26 |
| 800 | 232.50 | 11.53 | 238.82 | −11.47 | 239.45 | −15.26 | 241.24 | 7.32 | 243.42 | −3.00 | 243.74 | −1.03 | 244.11 | 2.24 |
| 900 | 233.89 | 11.52 | 240.19 | −11.50 | 240.84 | −15.27 | 242.63 | 7.31 | 244.80 | −3.05 | 245.13 | −1.05 | 245.50 | 2.22 |
| 1000 | 235.28 | 11.51 | 241.57 | −11.52 | 242.23 | −15.29 | 244.02 | 7.30 | 246.18 | −3.09 | 246.52 | −1.06 | 246.90 | 2.20 |
| 1100 | 236.67 | 11.50 | 242.94 | −11.54 | 243.62 | −15.30 | 245.42 | 7.29 | 247.56 | −3.14 | 247.91 | −1.07 | 248.30 | 2.18 |
| 1200 | 238.07 | 11.49 | 244.32 | −11.56 | 245.01 | −15.31 | 246.81 | 7.28 | 248.94 | −3.18 | 249.30 | −1.09 | 249.70 | 2.17 |
| 1300 | 239.46 | 11.47 | 245.69 | −11.58 | 246.40 | −15.33 | 248.20 | 7.27 | 250.32 | −3.23 | 250.69 | −1.10 | 251.10 | 2.15 |
| 1400 | 240.85 | 11.46 | 247.07 | −11.61 | 247.79 | −15.34 | 249.59 | 7.26 | 251.71 | −3.28 | 252.08 | −1.12 | 252.50 | 2.13 |
| 1500 | 242.25 | 11.45 | 248.44 | −11.63 | 249.18 | −15.35 | 250.99 | 7.25 | 253.09 | −3.32 | 253.47 | −1.13 | 253.90 | 2.11 |
| 1600 | 243.64 | 11.44 | 249.82 | −11.65 | 250.58 | −15.37 | 252.38 | 7.24 | 254.47 | −3.37 | 254.86 | −1.14 | 255.30 | 2.09 |
| 1700 | 245.04 | 11.43 | 251.20 | −11.67 | 251.97 | −15.38 | 253.78 | 7.23 | 255.86 | −3.41 | 256.26 | −1.16 | 256.70 | 2.07 |
| 1800 | 246.44 | 11.41 | 252.58 | −11.68 | 253.36 | −15.40 | 255.18 | 7.22 | 257.24 | −3.46 | 257.65 | −1.17 | 258.10 | 2.06 |
| 1900 | 247.83 | 11.40 | 253.96 | −11.72 | 254.76 | −15.41 | 256.57 | 7.21 | 258.63 | −3.50 | 259.04 | −1.18 | 259.50 | 2.04 |
| 2000 | 249.23 | 11.39 | 255.34 | −11.74 | 256.16 | −15.42 | 257.97 | 7.20 | 260.01 | −3.55 | 260.44 | −1.20 | 260.90 | 2.02 |

| 中国名 | 天江 | 天江 | 天江 | 糠 | 尾 | 天籥 | 南海 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO.<br>星名 (BR)<br>RA V1<br>DEC V2 | 6453<br>42, θ Oph ($3^m.27$)<br>$17^h15^m52^s.0$ −″003<br>−24°53′59″ −″021 | 6459<br>43 Oph ($5^m.35$)<br>$17^h17^m\ 3^s.9$ ″005<br>−28° 2′45″ −″032 | 6486<br>44 Oph ($4^m.17$)<br>$17^h20^m15^s.7$ ″000<br>−24° 5′0″ −″116 | 6492<br>45 Oph ($4^m.29$)<br>$17^h20^m58^s.0$ ″021<br>−29°46′35″ −″140 | 6508<br>34, υ Sco ($2^m.69$)<br>$17^h23^m57^s.8$ −″001<br>−37°12′57″ −″032 | 6519<br>51 Oph ($4^m.81$)<br>$17^h25^m18^s.8$ ″004<br>−23°53′7″ −″028 | 6561<br>55, ξ Ser ($3^m.54$)<br>$17^h31^m51^s.6$ −″045<br>−15°20′ 8″ −″061 |
| − 400$^y$ | 228°.06 −1°.51 | 228°.56 −4°.62 | 228°.99 −0°.57 | 229°.52 −6°.22 | 230°.68 −13°.67 | 230°.13 −0°.35 | 231°.23 8°.29 |
| − 300 | 229.44 −1.53 | 229.94 −4.64 | 230.37 −0.58 | 230.91 −6.24 | 232.06 −13.68 | 231.51 −0.36 | 232.61 8.28 |
| − 200 | 230.82 −1.54 | 231.32 −4.65 | 231.75 −0.60 | 232.29 −6.26 | 233.44 −13.70 | 232.89 −0.38 | 233.99 8.26 |
| − 100 | 232.20 −1.56 | 232.71 −4.67 | 233.14 −0.62 | 233.67 −6.27 | 234.82 −13.71 | 234.28 −0.39 | 235.37 8.25 |
| 0 | 233.59 −1.57 | 234.09 −4.68 | 234.52 −0.63 | 235.06 −6.29 | 236.21 −13.73 | 235.66 −0.41 | 236.76 8.23 |
| + 100 | 234.97 −1.58 | 235.47 −4.70 | 235.90 −0.65 | 236.44 −6.31 | 237.59 −13.74 | 237.04 −0.42 | 236.14 8.22 |
| 200 | 236.36 −1.60 | 236.86 −4.71 | 237.29 −0.67 | 237.83 −6.32 | 238.98 −13.76 | 238.43 −0.43 | 239.52 8.20 |
| 300 | 237.74 −1.61 | 238.24 −4.72 | 238.68 −0.68 | 239.22 −6.34 | 240.36 −13.77 | 239.82 −0.45 | 240.91 8.19 |
| 400 | 239.13 −1.62 | 239.63 −4.74 | 240.06 −0.70 | 240.60 −6.36 | 241.75 −13.78 | 241.20 −0.46 | 242.30 8.17 |
| 500 | 240.52 −1.64 | 241.02 −4.75 | 241.45 −0.71 | 241.99 −6.37 | 243.14 −13.80 | 242.59 −0.48 | 243.68 8.16 |
| 600 | 241.90 −1.65 | 242.41 −4.77 | 242.84 −0.73 | 243.38 −6.39 | 244.52 −13.81 | 243.98 −0.49 | 245.06 8.14 |
| 700 | 243.29 −1.67 | 243.80 −4.78 | 244.23 −0.75 | 244.77 −6.41 | 245.91 −13.83 | 245.37 −0.50 | 246.46 8.13 |
| 800 | 244.68 −1.68 | 245.18 −4.79 | 245.62 −0.76 | 246.16 −6.43 | 247.30 −13.84 | 246.76 −0.52 | 247.84 8.11 |
| 900 | 246.07 −1.69 | 246.57 −4.81 | 247.00 −0.78 | 247.55 −6.44 | 248.69 −13.85 | 248.14 −0.53 | 249.23 8.10 |
| 1000 | 247.46 −1.71 | 247.96 −4.82 | 248.40 −0.80 | 248.94 −6.46 | 250.08 −13.87 | 249.54 −0.55 | 250.62 8.08 |
| 1100 | 248.85 −1.72 | 249.35 −4.84 | 249.79 −0.81 | 250.33 −6.48 | 251.47 −13.88 | 250.93 −0.56 | 252.01 8.07 |
| 1200 | 250.24 −1.73 | 250.75 −4.85 | 251.18 −0.83 | 251.72 −6.49 | 252.86 −13.90 | 252.32 −0.57 | 253.40 8.05 |
| 1300 | 251.63 −1.75 | 252.14 −4.86 | 252.57 −0.85 | 253.11 −6.51 | 254.25 −13.91 | 253.71 −0.59 | 254.79 8.04 |
| 1400 | 253.03 −1.76 | 253.53 −4.88 | 253.96 −0.86 | 254.51 −6.53 | 255.64 −13.92 | 255.10 −0.60 | 256.18 8.02 |
| 1500 | 254.42 −1.78 | 254.92 −4.89 | 255.36 −0.88 | 255.90 −6.54 | 257.04 −13.94 | 256.50 −0.62 | 257.58 8.01 |
| 1600 | 255.81 −1.79 | 256.32 −4.91 | 256.75 −0.89 | 257.30 −6.56 | 258.43 −13.95 | 257.89 −0.63 | 258.97 7.99 |
| 1700 | 257.21 −1.80 | 257.71 −4.92 | 258.14 −0.91 | 258.69 −6.58 | 259.82 −13.97 | 259.28 −0.64 | 260.36 7.98 |
| 1800 | 258.60 −1.82 | 259.11 −4.93 | 259.54 −0.93 | 260.09 −6.60 | 261.22 −13.98 | 260.68 −0.66 | 262.76 7.96 |
| 1900 | 260.00 −1.83 | 260.50 −4.95 | 260.94 −0.94 | 261.48 −6.61 | 262.62 −13.99 | 262.08 −0.67 | 263.15 7.95 |
| 2000 | 261.39 −1.84 | 261.90 −4.96 | 262.33 −0.96 | 262.88 −6.63 | 264.01 −14.01 | 263.47 −0.69 | 264.55 7.93 |

| 中国名 | 箕距星 | 南斗 | 箕 | 箕 | 南斗 | 南斗距星 | 南斗 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO.<br>星名 (BR)<br>RA V1<br>DEC V2 | 6746<br>10, $\gamma^2$ Sgr($2^m.99$)<br>$17^h59^m23^s.0$ −″053<br>−30°25′31″ −″185 | 6812<br>13, $\mu$ Sgr ($3^m.86$)<br>$18^h7^m46^s.9$ ″003<br>−21° 5′ 6″ ″001 | 6859<br>19, $\delta$ Sgr ($2^m.70$)<br>$18^h14^m35^s.5$ ″039<br>−29°52′14″ −″029 | 6879<br>20, $\varepsilon$ Sgr ($1^m.85$)<br>$18^h17^m32^s.0$ −″032<br>−34°25′55″ −″125 | 6913<br>22, $\lambda$ Sgr ($2^m.81$)<br>$18^h21^m47^s.9$ −″043<br>−25°28′37″ −″185 | 7039<br>27, $\phi$ Sgr ($3^m.17$)<br>$18^h39^m24^s.5$ ″053<br>−27° 5′37″ ″001 | 7121<br>34, $\sigma$ Sgr ($2^m.02$)<br>$18^h49^m3^s.9$ ″013<br>−26°25′15″ −″054 |
| −400$^y$ | 237°.96 −6°.55 | 239°.87 2°.66 | 241°.21 −6°.13 | 241°.76 −10°.65 | 243°.01 −1°.70 | 246°.80 −3°.64 | 249°.03 −3°.10 |
| −300 | 239.34 −6.57 | 241.25 2.65 | 242.59 −6.15 | 243.14 −10.67 | 244.39 −1.72 | 248.18 −3.65 | 250.42 −3.12 |
| −200 | 240.72 −6.59 | 242.64 2.63 | 243.98 −6.16 | 244.52 −10.69 | 245.77 −1.73 | 249.57 −3.67 | 251.80 −3.13 |
| −100 | 242.10 −6.61 | 244.02 2.62 | 245.36 −6.18 | 245.90 −10.70 | 247.15 −1.75 | 250.95 −3.68 | 253.18 −3.15 |
| 0 | 243.48 −6.62 | 245.40 2.61 | 246.75 −6.19 | 247.28 −10.72 | 248.53 −1.77 | 252.34 −3.69 | 254.57 −3.16 |
| +100 | 244.86 −6.64 | 246.79 2.59 | 248.13 −6.21 | 248.67 −10.74 | 249.92 −1.79 | 253.72 −3.71 | 255.95 −3.18 |
| 200 | 246.25 −6.66 | 248.17 2.58 | 249.52 −6.22 | 250.05 −10.75 | 251.30 −1.81 | 255.11 −3.72 | 257.34 −3.19 |
| 300 | 247.63 −6.68 | 249.56 2.57 | 250.91 −6.23 | 251.44 −10.77 | 252.69 −1.83 | 256.50 −3.73 | 258.72 −3.21 |
| 400 | 249.02 −6.70 | 250.94 2.55 | 252.29 −6.25 | 252.82 −10.79 | 254.07 −1.84 | 257.89 −3.75 | 260.11 −3.22 |
| 500 | 250.40 −6.72 | 252.33 2.54 | 253.68 −6.26 | 254.21 −10.80 | 255.46 −1.86 | 259.28 −3.76 | 261.50 −3.23 |
| 600 | 251.79 −6.74 | 253.72 2.53 | 255.07 −6.28 | 255.60 −10.82 | 256.84 −1.88 | 260.66 −3.77 | 262.89 −3.25 |
| 700 | 253.18 −6.75 | 255.11 2.51 | 256.46 −6.29 | 256.98 −10.84 | 258.23 −1.90 | 262.06 −3.79 | 264.28 −3.26 |
| 800 | 254.56 −6.77 | 256.50 2.50 | 257.85 −6.31 | 258.37 −10.85 | 259.62 −1.92 | 263.45 −3.80 | 265.66 −3.28 |
| 900 | 255.95 −6.79 | 257.89 2.49 | 259.24 −6.32 | 259.76 −10.87 | 261.00 −1.94 | 264.84 −3.81 | 267.06 −3.29 |
| 1000 | 257.34 −6.81 | 259.28 2.47 | 260.63 −6.33 | 261.15 −10.89 | 262.39 −1.96 | 266.23 −3.82 | 268.44 −3.31 |
| 1100 | 258.73 −6.83 | 260.67 2.46 | 262.02 −6.35 | 262.54 −10.90 | 263.78 −1.97 | 267.62 −3.84 | 269.84 −3.32 |
| 1200 | 260.12 −6.85 | 262.06 2.45 | 263.42 −6.36 | 263.93 −10.92 | 265.17 −1.99 | 269.01 −3.85 | 271.23 −3.34 |
| 1300 | 261.51 −6.86 | 263.45 2.43 | 264.81 −6.38 | 265.32 −10.94 | 266.56 −2.01 | 270.41 −3.86 | 272.62 −3.35 |
| 1400 | 262.90 −6.88 | 264.84 2.42 | 266.20 −6.39 | 266.71 −10.95 | 267.96 −2.03 | 271.80 −3.88 | 274.01 −3.36 |
| 1500 | 264.29 −6.90 | 266.24 2.41 | 267.60 −6.40 | 268.11 −10.97 | 269.35 −2.05 | 273.20 −3.89 | 275.41 −3.38 |
| 1600 | 265.68 −6.92 | 267.63 2.39 | 268.99 −6.42 | 269.50 −10.99 | 270.74 −2.06 | 274.59 −3.90 | 276.80 −3.39 |
| 1700 | 267.08 −6.94 | 269.03 2.38 | 270.39 −6.43 | 270.89 −11.00 | 272.13 −2.08 | 275.99 −3.92 | 278.20 −3.41 |
| 1800 | 268.47 −6.96 | 270.42 2.37 | 271.79 −6.45 | 272.29 −11.02 | 273.53 −2.10 | 277.38 −3.93 | 279.59 −3.42 |
| 1900 | 269.87 −6.97 | 271.82 2.35 | 273.18 −6.46 | 273.68 −11.04 | 274.92 −2.12 | 278.78 −3.94 | 280.99 −3.44 |
| 2000 | 271.26 −6.99 | 273.21 2.34 | 274.58 −6.47 | 275.08 −11.05 | 276.32 −2.14 | 280.18 −3.95 | 282.38 −3.45 |

| 中国名 | 建星 | | 南斗 | | 南斗 | | 建星 | | 天淵 | | 建星 | | 狗 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO.<br>星名 (BR)<br>RA V1<br>DEC V2 | 7150<br>37, $\xi^2$ Sgr($3^m.51$)<br>$18^h51^m45^s.8$ ″032<br>−21°14′17″ −″012 | | 7194<br>38, $\zeta$ Sgr ($2^m.60$)<br>$18^h56^m15^s.0$ −″014<br>−30° 1′23″ −″001 | | 7234<br>40, $\tau$ Sgr ($3^m.32$)<br>$19^h 0^m41^s.8$ −″053<br>−27°49′ 0″ −″249 | | 7264<br>41, $\pi$ Sgr ($2^m.89$)<br>$19^h 3^m49^s.0$ ″000<br>−21°10′57″ −″035 | | 7337<br>$\beta^1$ Sgr ($4^m.01$)<br>$19^h15^m27^s.0$ ″006<br>−44°38′48″ −″018 | | 7340<br>44, $\rho^1$ Sgr($3^m.93$)<br>$19^h15^m52^s.4$ −″026<br>−18° 2′ 8″ ″024 | | 7440<br>52 Sgr ($4^m.60$)<br>$19^h30^m37^s.3$ ″071<br>−25° 6′16″ −″018 | |
| − 400$^y$ | 250°.09 | 1°.98 | 250°.30 | −6°.87 | 251°.54 | −4°.62 | 253°.38 | 1°.71 | 252°.40 | −21°.82 | 256°.13 | 4°.51 | 258°.45 | −2°.94 |
| − 300 | 251.47 | 1.97 | 251.68 | −6.88 | 252.92 | −4.64 | 254.76 | 1.70 | 253.78 | −21.84 | 257.51 | 4.50 | 259.84 | −2.96 |
| − 200 | 252.86 | 1.95 | 253.06 | −6.90 | 254.30 | −4.66 | 256.14 | 1.69 | 255.16 | −21.85 | 258.90 | 4.48 | 261.22 | −2.97 |
| − 100 | 254.24 | 1.94 | 254.44 | −6.91 | 255.68 | −4.68 | 257.53 | 1.67 | 256.55 | −21.87 | 260.28 | 4.47 | 262.61 | −2.98 |
| 0 | 255.63 | 1.93 | 255.83 | −6.92 | 257.06 | −4.70 | 258.91 | 1.66 | 257.94 | −21.88 | 261.66 | 4.46 | 264.00 | −3.00 |
| + 100 | 257.01 | 1.91 | 257.21 | −6.94 | 258.44 | −4.72 | 260.29 | 1.64 | 259.32 | −21.89 | 263.04 | 4.45 | 265.38 | −3.01 |
| 200 | 258.40 | 1.90 | 258.60 | −6.95 | 259.83 | −4.74 | 261.68 | 1.63 | 260.71 | −21.91 | 264.43 | 4.43 | 266.77 | −3.03 |
| 300 | 259.78 | 1.89 | 259.98 | −6.96 | 261.21 | −4.76 | 263.06 | 1.62 | 262.09 | −21.92 | 265.81 | 4.42 | 268.16 | −3.04 |
| 400 | 261.17 | 1.87 | 261.37 | −6.98 | 262.60 | −4.78 | 264.45 | 1.60 | 263.48 | −21.93 | 267.20 | 4.41 | 269.54 | −3.05 |
| 500 | 262.56 | 1.86 | 262.76 | −6.99 | 263.98 | −4.80 | 265.84 | 1.59 | 264.87 | −21.95 | 268.58 | 4.40 | 270.93 | −3.07 |
| 600 | 263.95 | 1.85 | 264.14 | −7.00 | 265.37 | −4.82 | 267.23 | 1.57 | 266.26 | −21.96 | 269.97 | 4.39 | 272.32 | −3.08 |
| 700 | 266.34 | 1.83 | 265.53 | −7.01 | 266.75 | −4.84 | 268.61 | 1.56 | 267.65 | −21.97 | 271.36 | 4.37 | 273.72 | −3.09 |
| 800 | 266.73 | 1.82 | 266.92 | −7.03 | 268.14 | −4.86 | 270.00 | 1.55 | 269.04 | −21.99 | 272.75 | 4.36 | 275.11 | −3.11 |
| 900 | 268.12 | 1.80 | 268.31 | −7.04 | 269.53 | −4.88 | 271.39 | 1.53 | 270.43 | −22.00 | 274.14 | 4.35 | 276.50 | −3.12 |
| 1000 | 269.51 | 1.79 | 269.70 | −7.05 | 270.92 | −4.90 | 272.78 | 1.52 | 271.82 | −22.01 | 275.52 | 4.34 | 277.89 | −3.13 |
| 1100 | 270.90 | 1.78 | 271.09 | −7.07 | 272.31 | −4.92 | 274.17 | 1.51 | 273.22 | −22.03 | 276.91 | 4.33 | 279.28 | −3.15 |
| 1200 | 272.29 | 1.76 | 272.48 | −7.08 | 273.70 | −4.94 | 275.56 | 1.49 | 274.61 | −22.04 | 278.30 | 4.31 | 280.68 | −3.16 |
| 1300 | 273.68 | 1.75 | 273.88 | −7.09 | 275.08 | −4.95 | 276.96 | 1.48 | 276.00 | −22.05 | 279.70 | 4.30 | 282.07 | −3.17 |
| 1400 | 275.08 | 1.74 | 275.27 | −7.10 | 276.48 | −4.97 | 278.35 | 1.46 | 277.40 | −22.07 | 281.09 | 4.29 | 283.46 | −3.18 |
| 1500 | 276.47 | 1.73 | 276.66 | −7.12 | 277.87 | −4.99 | 279.74 | 1.45 | 278.79 | −22.08 | 282.48 | 4.28 | 284.86 | −3.20 |
| 1600 | 277.87 | 1.71 | 278.06 | −7.13 | 279.26 | −5.01 | 281.13 | 1.44 | 280.19 | −22.09 | 283.87 | 4.27 | 286.26 | −3.21 |
| 1700 | 279.26 | 1.70 | 279.45 | −7.14 | 280.65 | −5.03 | 282.53 | 1.42 | 281.58 | −22.11 | 285.26 | 4.26 | 287.65 | −3.22 |
| 1800 | 280.66 | 1.69 | 280.85 | −7.15 | 282.04 | −5.05 | 283.92 | 1.41 | 282.98 | −22.12 | 286.66 | 4.25 | 289.05 | −3.23 |
| 1900 | 282.05 | 1.67 | 282.24 | −7.17 | 283.44 | −5.07 | 285.32 | 1.40 | 284.38 | −22.13 | 288.05 | 4.23 | 290.45 | −3.25 |
| 2000 | 283.45 | 1.66 | 283.64 | −7.18 | 284.83 | −5.09 | 286.72 | 1.39 | 285.75 | −22.14 | 289.45 | 4.22 | 291.85 | −3.26 |

| 中国名 | 牽牛 | | 牽牛距星 | | 牽牛南星 | | 天田 | | 須女距星 | | 天田 | | 秦 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO.<br>星名 (BR)<br>RA V1<br>DEC V2 | 7754<br>6, $\alpha^{2}$ Cap ($3^{m}.57$)<br>$20^{h}12^{m}30^{s}.4$<br>−12°51′17″ | <br><br>″061<br>″005 | 7776<br>9, $\beta$ Cap ($3^{m}.08$)<br>$20^{h}15^{m}23^{s}.6$<br>−15° 5′50″ | <br><br>″039<br>″003 | 7822<br>11, $\rho$ Cap ($4^{m}.78$)<br>$20^{h}23^{m}9^{s}.4$<br>−18° 8′39 | <br><br>−″016<br>−″020 | 7936<br>16, $\psi$ Cap ($4^{m}.14$)<br>$20^{h}40^{m}10^{s}.5$<br>−25°37′49″ | <br><br>−″049<br>−″156 | 7950<br>2, $\varepsilon$ Aqr ($3^{m}.77$)<br>$20^{h}42^{m}15^{s}.8$<br>−9°51′43″ | <br><br>″033<br>−″032 | 7980<br>18, $\omega$ Cap ($4^{m}.11$)<br>$20^{h}45^{m}51^{s}.3$<br>−27°17′36″ | <br><br>−″005<br>″000 | 8075<br>23, $\theta$ Cap ($4^{m}.07$)<br>$21^{h}0^{m}19^{s}.6$<br>−17°37′49″ | <br><br>″083<br>−″056 |
| $-400^{y}$ | 270°.50 | 7°.20 | 270°.69 | 4°.86 | 271°.84 | 1°.47 | 273°.85 | −6°.68 | 278°.40 | 8°.35 | 274°.59 | −8°.71 | 280°.46 | −0°.30 |
| −300 | 271.88 | 7.19 | 272.08 | 4.85 | 273.22 | 1.46 | 275.23 | −6.70 | 279.78 | 8.33 | 275.97 | −8.72 | 281.84 | −0.31 |
| −200 | 273.26 | 7.18 | 273.46 | 4.83 | 274.60 | 1.45 | 276.62 | −6.71 | 281.16 | 8.32 | 277.36 | −8.73 | 283.23 | −0.33 |
| −100 | 274.65 | 7.17 | 274.86 | 4.82 | 275.99 | 1.43 | 278.00 | −6.73 | 282.54 | 8.31 | 278.74 | −8.74 | 284.61 | −0.34 |
| 0 | 276.03 | 7.15 | 276.23 | 4.81 | 277.37 | 1.42 | 279.38 | −6.74 | 283.93 | 8.30 | 280.13 | −8.76 | 286.00 | −0.35 |
| +100 | 277.42 | 7.14 | 277.61 | 4.80 | 278.75 | 1.41 | 280.76 | −6.76 | 285.31 | 8.29 | 281.51 | −8.77 | 287.38 | −0.37 |
| 200 | 278.80 | 7.13 | 279.00 | 4.79 | 280.14 | 1.40 | 282.15 | −6.77 | 286.70 | 8.28 | 282.90 | −8.78 | 288.77 | −0.38 |
| 300 | 280.19 | 7.12 | 280.39 | 4.78 | 281.52 | 1.39 | 283.53 | −6.79 | 288.08 | 8.26 | 284.29 | −8.79 | 290.16 | −0.39 |
| 400 | 281.58 | 7.11 | 281.77 | 4.76 | 282.91 | 1.38 | 284.92 | −6.80 | 289.47 | 8.25 | 285.67 | −8.80 | 291.55 | −0.40 |
| 500 | 282.97 | 7.10 | 283.11 | 4.75 | 284.30 | 1.36 | 280.30 | −6.82 | 290.85 | 8.24 | 287.06 | −8.81 | 292.94 | −0.41 |
| 600 | 284.36 | 7.08 | 284.55 | 4.74 | 285.68 | 1.35 | 287.69 | −6.83 | 292.24 | 8.23 | 288.45 | −8.82 | 294.32 | −0.43 |
| 700 | 285.74 | 7.07 | 285.94 | 4.73 | 287.07 | 1.34 | 289.07 | −6.85 | 293.63 | 8.22 | 289.84 | −8.83 | 295.72 | −0.44 |
| 800 | 287.13 | 7.06 | 287.33 | 4.72 | 288.46 | 1.33 | 290.46 | −6.86 | 295.02 | 8.21 | 291.23 | −8.84 | 297.11 | −0.45 |
| 900 | 288.52 | 7.05 | 288.72 | 4.71 | 289.85 | 1.32 | 291.85 | −6.88 | 296.40 | 8.20 | 292.62 | −8.85 | 298.50 | −0.46 |
| 1000 | 289.92 | 7.04 | 290.11 | 4.70 | 291.24 | 1.31 | 293.24 | −6.89 | 297.79 | 8.19 | 294.01 | −8.86 | 299.89 | −0.47 |
| 1100 | 291.31 | 7.03 | 291.50 | 4.68 | 292.63 | 1.30 | 294.63 | −6.90 | 299.18 | 8.17 | 295.40 | −8.87 | 301.28 | −0.49 |
| 1200 | 292.70 | 7.02 | 292.89 | 4.67 | 294.02 | 1.28 | 296.02 | −6.92 | 300.58 | 8.16 | 296.80 | −8.88 | 302.68 | −0.50 |
| 1300 | 294.09 | 7.00 | 294.28 | 4.66 | 295.41 | 1.27 | 297.41 | −6.93 | 301.97 | 8.15 | 298.19 | −8.89 | 304.07 | −0.51 |
| 1400 | 295.48 | 6.99 | 295.68 | 4.65 | 296.80 | 1.26 | 298.80 | −6.95 | 303.36 | 8.14 | 299.58 | −8.90 | 305.46 | −0.52 |
| 1500 | 296.88 | 6.98 | 297.07 | 4.64 | 298.19 | 1.25 | 300.19 | −6.96 | 304.75 | 8.13 | 300.98 | −8.91 | 306.86 | −0.53 |
| 1600 | 298.27 | 6.97 | 298.46 | 4.63 | 299.59 | 1.24 | 301.58 | −6.97 | 306.14 | 8.12 | 302.37 | −8.92 | 308.25 | −0.54 |
| 1700 | 299.67 | 6.96 | 299.86 | 4.62 | 300.98 | 1.23 | 302.98 | −6.99 | 307.54 | 8.11 | 303.77 | −8.93 | 309.65 | −0.55 |
| 1800 | 301.06 | 6.95 | 301.25 | 4.61 | 302.37 | 1.22 | 304.37 | −7.00 | 308.93 | 8.10 | 305.16 | −8.94 | 311.05 | −0.56 |
| 1900 | 302.46 | 6.94 | 302.65 | 4.60 | 303.77 | 1.21 | 305.76 | −7.02 | 310.33 | 8.09 | 306.56 | −8.95 | 312.44 | −0.58 |
| 2000 | 303.86 | 6.93 | 304.05 | 4.59 | 305.16 | 1.20 | 307.16 | −7.03 | 311.72 | 8.08 | 307.96 | −8.96 | 313.84 | −0.59 |

| 中国名 | 燕 | | 虚距星 | | 哭星第一 | | 哭星第二 | | 哭 | | 危 | | 危距星 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO. | 8204 | | 8232 | | 8278 | | 8322 | | 8351 | | 8413 | | 8414 | |
| 星名 (BR) | 34, ζ Cap ($3^{m}.74$) | | 22, β Aqr ($2^{m}.91$) | | 40, γ Cap ($3^{m}.68$) | | 49, δ Cap ($2^{m}.87$) | | 51, μ Cap ($5^{m}.08$) | | 22, ν Peg ($4^{m}.84$) | | 34, α Aqr ($2^{m}.96$) | |
| RA V1 | $21^{h}20^{m}57^{s}.5$ | ″001 | $21^{h}26^{m}17^{s}.7$ | ″019 | $21^{h}34^{m}33^{s}.1$ | ″188 | $21^{h}41^{m}31^{s}.3$ | ″262 | $21^{h}47^{m}50^{s}.7$ | ″309 | $22^{h}0^{m}38^{s}.1$ | ″109 | $22^{h}0^{m}38^{s}.9$ | ″016 |
| DEC V2 | −22°50′40″ | ″027 | −6° 0′40″ | −″005 | −17° 6′51″ | −″022 | −16°34′52″ | −″294 | −14° 1′21″ | ″014 | 4°34′11″ | ″105 | −0°48′21″ | −″004 |
| − $400^{y}$ | 283°.56 | −6°.79 | 290°.08 | 8°.82 | 288°.32 | −2°.30 | 290°.09 | −2°.17 | 292°.29 | −0°.44 | 301°.95 | 15°.79 | 300°.06 | 10°.81 |
| − 300 | 284.94 | −6.80 | 291.46 | 8.81 | 289.71 | −2.31 | 291.48 | −2.19 | 293.68 | −0.45 | 303.34 | 15.78 | 301.44 | 10.81 |
| − 200 | 286.33 | −6.81 | 292.84 | 8.80 | 291.10 | −2.33 | 292.86 | −2.21 | 295.07 | −0.46 | 304.72 | 15.78 | 302.82 | 10.80 |
| − 100 | 287.71 | −6.82 | 294.23 | 8.79 | 292.49 | −2.34 | 294.25 | −2.22 | 296.46 | −0.47 | 306.10 | 15.77 | 304.20 | 10.79 |
| 0 | 289.10 | −6.83 | 295.61 | 8.78 | 293.88 | −2.35 | 295.64 | −2.24 | 297.86 | −0.49 | 307.49 | 15.77 | 305.58 | 10.78 |
| + 100 | 290.48 | −6.83 | 296.99 | 8.77 | 295.27 | −2.36 | 297.03 | −2.26 | 299.25 | −0.50 | 308.87 | 15.76 | 306.96 | 10.78 |
| 200 | 291.87 | −6.84 | 298.38 | 8.76 | 296.66 | −2.37 | 298.42 | −2.28 | 300.64 | −0.51 | 310.26 | 15.76 | 308.35 | 10.77 |
| 300 | 293.26 | −6.85 | 299.76 | 8.75 | 298.05 | −2.38 | 299.81 | −2.30 | 302.04 | −0.52 | 311.65 | 15.75 | 309.73 | 10.76 |
| 400 | 294.65 | −6.86 | 301.15 | 8.74 | 299.44 | −2.39 | 301.20 | −2.32 | 303.43 | −0.53 | 313.03 | 15.75 | 311.12 | 10.76 |
| 500 | 296.04 | −6.87 | 302.53 | 8.73 | 300.83 | −2.41 | 302.59 | −2.34 | 304.83 | −0.54 | 314.42 | 15.74 | 312.50 | 10.75 |
| 600 | 297.42 | −6.87 | 303.92 | 8.72 | 302.22 | −2.42 | 303.98 | −2.35 | 306.22 | −0.55 | 315.81 | 15.74 | 313.89 | 10.74 |
| 700 | 298.81 | −6.89 | 305.31 | 8.72 | 303.62 | −2.43 | 305.38 | −2.37 | 307.62 | −0.56 | 317.20 | 15.74 | 315.27 | 10.74 |
| 800 | 300.20 | −6.90 | 306.69 | 8.71 | 305.01 | −2.44 | 306.77 | −2.39 | 309.02 | −0.57 | 318.59 | 15.73 | 316.66 | 10.73 |
| 900 | 301.60 | −6.90 | 308.08 | 8.70 | 306.41 | −2.45 | 308.16 | −2.41 | 310.41 | −0.58 | 319.98 | 15.73 | 318.05 | 10.72 |
| 1000 | 302.99 | −6.91 | 309.47 | 8.69 | 307.80 | −2.46 | 309.56 | −2.43 | 311.81 | −0.59 | 321.37 | 15.72 | 319.44 | 10.72 |
| 1100 | 304.38 | −6.92 | 310.86 | 8.68 | 309.20 | −2.47 | 310.96 | −2.44 | 313.21 | −0.60 | 322.76 | 15.72 | 320.82 | 10.71 |
| 1200 | 305.77 | −6.93 | 312.25 | 8.68 | 310.60 | −2.48 | 312.35 | −2.46 | 314.61 | −0.61 | 324.15 | 15.72 | 322.21 | 10.71 |
| 1300 | 307.16 | −6.94 | 313.64 | 8.67 | 311.99 | −2.49 | 313.75 | −2.48 | 316.01 | −0.62 | 325.54 | 15.71 | 323.60 | 10.70 |
| 1400 | 308.56 | −6.95 | 315.03 | 8.66 | 313.39 | −2.50 | 315.14 | −2.50 | 317.41 | −0.63 | 326.93 | 15.71 | 325.00 | 10.69 |
| 1500 | 309.95 | −6.95 | 316.42 | 8.65 | 314.79 | −2.51 | 316.54 | −2.52 | 318.81 | −0.64 | 328.33 | 15.71 | 326.39 | 10.69 |
| 1600 | 311.35 | −6.96 | 317.82 | 8.64 | 316.19 | −2.52 | 317.94 | −2.53 | 320.22 | −0.65 | 329.73 | 15.71 | 327.78 | 10.68 |
| 1700 | 312.74 | −6.97 | 319.21 | 8.64 | 317.59 | −2.53 | 319.34 | −2.55 | 321.62 | −0.66 | 331.12 | 15.70 | 329.17 | 10.68 |
| 1800 | 314.14 | −6.98 | 320.60 | 8.63 | 318.99 | −2.54 | 320.74 | −2.57 | 323.02 | −0.67 | 332.52 | 15.70 | 330.56 | 10.67 |
| 1900 | 315.54 | −6.98 | 322.00 | 8.62 | 320.39 | −2.55 | 322.14 | −2.58 | 324.43 | −0.67 | 333.91 | 15.69 | 331.96 | 10.67 |
| 2000 | 316.94 | −6.99 | 323.39 | 8.62 | 321.79 | −2.56 | 323.54 | −2.60 | 325.83 | −0.68 | 335.31 | 15.69 | 333.35 | 10.66 |

| 中国名 | 泣　星 | 壘壁陣 | 壘壁陣 | —— | 営室距星 | 壘壁陣 | 壘壁陣 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YALE NO.<br>星名 (BR)<br>RA　V1<br>DEC　V2 | 8418<br>33, ι Aqr ($4^m$.27)<br>$22^h 1^m 2^s$.2　"039<br>−14°21′18″　−"053 | 8573<br>57, σ Aqr ($4^m$.82)<br>$22^h 25^m 21^s$.3　"000<br>−11°11′23″　−"027 | 8698<br>73, λ Aqr ($3^m$.74)<br>$22^h 47^m 23^s$.8　"007<br>−8° 6′42″　"039 | 8709<br>76, δ Aqr ($3^m$.27)<br>$22^h 49^m 20^s$.6　−"042<br>−16°21′10″　−"022 | 8781<br>54, α Peg ($2^m$.49)<br>$22^h 59^m 46^s$.7　"062<br>+14°40′ 2″　−"038 | 8834<br>90, ϕ Aqr ($4^m$.22)<br>$23^h 9^m 8^s$.6　"037<br>−6°35′17″　−"192 | 8841<br>91, $\psi^1$ Aqr ($4^m$.21)<br>$23^h 10^m 39^s$.1　"369<br>−9°37′57″　−"012 |
| − 400y | 295°.36　−1°.87 | 302°.05　−1°.08 | 308°.22　−0°.30 | 305°.52　−8°.07 | 320°.23　19°.49 | 313°.82　−0°.85 | 312°.72　−3°.82 |
| − 300 | 296.74　−1.88 | 303.43　−1.08 | 309.60　−0.31 | 306.90　−8.08 | 321.60　19.48 | 315.20　−0.86 | 314.11　−3.83 |
| − 200 | 298.12　−1.89 | 304.81　−1.09 | 310.98　−0.31 | 308.29　−8.08 | 322.98　19.48 | 316.58　−0.87 | 315.51　−3.84 |
| − 100 | 299.51　−1.90 | 306.20　−1.10 | 312.37　−0.32 | 309.67　−8.09 | 324.36　19.47 | 317.96　−0.88 | 316.90　−3.84 |
| 0 | 300.89　−1.91 | 307.58　−1.11 | 313.75　−0.32 | 311.06　−8.10 | 325.74　19.47 | 319.35　−0.89 | 318.30　−3.85 |
| + 100 | 302.28　−1.92 | 308.96　−1.11 | 315.14　−0.33 | 312.44　−8.10 | 327.13　19.46 | 320.73　−0.90 | 319.69　−3.86 |
| 200 | 303.66　−1.93 | 310.35　−1.12 | 316.52　−0.33 | 313.83　−8.11 | 328.51　19.46 | 322.12　−0.91 | 321.08　−3.87 |
| 300 | 305.05　−1.94 | 311.73　−1.13 | 317.91　−0.34 | 315.21　−8.11 | 329.89　19.46 | 323.50　−0.92 | 322.48　−3.88 |
| 400 | 306.44　−1.95 | 313.12　−1.13 | 319.30　−0.34 | 316.60　−8.12 | 331.27　19.45 | 324.89　−0.92 | 323.88　−3.89 |
| 500 | 307.83　−1.96 | 314.51　−1.14 | 320.68　−0.34 | 217.99　−8.12 | 332.66　19.45 | 325.27　−0.93 | 325.28　−3.89 |
| 600 | 309.21　−1.97 | 315.90　−1.15 | 322.07　−0.35 | 319.37　−8.13 | 334.04　19.44 | 327.66　−0.94 | 326.67　−3.90 |
| 700 | 310.60　−1.97 | 317.28　−1.15 | 323.46　−0.35 | 320.76　−8.13 | 335.43　19.44 | 329.05　−0.95 | 328.07　−3.91 |
| 800 | 311.99　−1.98 | 318.67　−1.16 | 324.85　−0.35 | 322.15　−8.14 | 336.81　19.44 | 330.43　−0.96 | 329.47　−3.92 |
| 900 | 313.38　−1.99 | 320.06　−1.17 | 326.24　−0.36 | 323.54　−8.14 | 338.20　19.43 | 331.82　−0.97 | 330.87　−3.93 |
| 1000 | 314.78　−2.00 | 321.45　−1.17 | 327.63　−0.36 | 324.93　−8.15 | 339.58　19.43 | 333.21　−0.98 | 332.27　−3.93 |
| 1100 | 316.17　−2.01 | 322.84　−1.18 | 329.02　−0.36 | 326.32　−8.15 | 340.97　19.43 | 334.60　−0.98 | 333.67　−3.94 |
| 1200 | 317.56　−2.02 | 324.23　−1.18 | 330.42　−0.37 | 327.72　−8.16 | 342.36　19.43 | 335.99　−0.99 | 335.07　−3.95 |
| 1300 | 318.95　−2.03 | 325.63　−1.19 | 331.81　−0.37 | 329.11　−8.16 | 343.75　19.42 | 337.38　−1.00 | 336.48　−3.95 |
| 1400 | 320.34　−2.03 | 327.02　−1.20 | 333.20　−0.37 | 330.50　−8.17 | 345.14　19.42 | 338.78　−1.01 | 337.88　−3.96 |
| 1500 | 321.74　−2.04 | 328.41　−1.20 | 334.60　−0.37 | 331.90　−8.17 | 346.53　19.42 | 340.17　−1.02 | 339.28　−3.97 |
| 1600 | 323.13　−2.05 | 329.81　−1.21 | 335.99　−0.38 | 333.29　−8.17 | 347.92　19.42 | 341.56　−1.02 | 340.68　−3.98 |
| 1700 | 324.53　−2.06 | 331.20　−1.21 | 337.39　−0.38 | 334.68　−8.18 | 349.31　19.41 | 342.95　−1.03 | 342.09　−3.98 |
| 1800 | 325.92　−2.07 | 332.60　−1.22 | 338.78　−0.38 | 336.08　−8.18 | 350.70　19.41 | 344.35　−1.04 | 343.50　−3.99 |
| 1900 | 327.32　−2.07 | 333.99　−1.22 | 340.18　−0.38 | 337.48　−8.19 | 352.09　19.41 | 345.74　−1.05 | 344.90　−3.99 |
| 2000 | 328.72　−2.08 | 335.39　−1.23 | 341.58　−0.39 | 338.87　−8.19 | 353.48　19.41 | 347.14　−1.05 | 345.31　−4.00 |

| 中国名 | 雲雨 | | 壘壁陣 | |
|---|---|---|---|---|
| YALE NO. | 8984 | | 9089 | |
| 星名 (BR) | 18, λ Psc ($4^m.50$) | | 30 Psc ($4^m.41$) | |
| RA V1 | $23^h36^m56^s.6$ | −″130 | $23^h56^m49^s.8$ | ″049 |
| DEC V2 | 1°13′47″ | −″147 | −6°34′11″ | −″036 |
| − $400^y$ | 323°.38 | 3°.50 | 324°.66 | −5°.66 |
| − 300 | 324.76 | 3.49 | 326.04 | −5.66 |
| − 200 | 326.14 | 3.49 | 327.42 | −5.67 |
| − 100 | 327.52 | 3.48 | 328.81 | −5.67 |
| 0 | 328.89 | 3.48 | 330.20 | −5.67 |
| + 100 | 330.27 | 3.47 | 331.58 | −5.68 |
| 200 | 331.65 | 3.47 | 332.97 | −5.68 |
| 300 | 333.03 | 3.47 | 334.36 | −5.68 |
| 400 | 334.41 | 3.46 | 335.75 | −5.68 |
| 500 | 335.79 | 3.46 | 337.14 | −5.69 |
| 600 | 337.18 | 3.46 | 338.53 | −5.69 |
| 700 | 338.56 | 3.45 | 339.92 | −5.69 |
| 800 | 339.94 | 3.45 | 341.31 | −5.69 |
| 900 | 341.32 | 3.45 | 342.70 | −5.70 |
| 1000 | 342.71 | 3.44 | 344.09 | −5.70 |
| 1100 | 344.10 | 3.44 | 345.48 | −5.70 |
| 1200 | 345.48 | 3.44 | 346.88 | −5.70 |
| 1300 | 346.87 | 3.43 | 348.27 | −5.70 |
| 1400 | 348.25 | 3.43 | 349.67 | −5.70 |
| 1500 | 349.64 | 3.43 | 351.06 | −5.71 |
| 1600 | 351.03 | 3.43 | 352.46 | −5.71 |
| 1700 | 352.42 | 3.42 | 353.86 | −5.71 |
| 1800 | 353.81 | 3.42 | 355.25 | −5.71 |
| 1900 | 355.20 | 3.42 | 356.65 | −5.71 |
| 2000 | 356.59 | 3.42 | 358.05 | −5.71 |

# 附録2．二十八宿について

西洋には黄道に沿って「獣帯」という12個の星座がある。中国古代にはこれに似たものに「二十八宿」がある。28宿の区分は，もと月が天球上を一周する日数（27.32日）に由来したと思われるが，所属する星はかならずしも黄（白）道帯内に納まってなくて，黄道または赤道からも大きくはみ出して分布している部分がある。各星宿の中の一星（たいていはその星宿の西の端にある）を基準の星として，これを「距星」と呼ぶ。そして距星から東へ赤経差を測ってその星宿内の何度と表示する。(例えば「井五度」など。) 星宿の幅はいろいろである。たとえば東井は赤経幅が30°ほどあり，また觜宿の幅はほぼ1°しかない。

以下に星宿名とその距星とその西洋名を列記しておく。なお，最右欄のカッコ内数字はYaleカタログ番号である。これについては**附録1**を参照されたい。

| 東方7宿 | | 距星 | Yale No. | 西方7宿 | 距星 | Yale No. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1　角宿（おとめ座中部） | 左角 | $\alpha$ Vir | (5056) | 15　奎（アンドロメダ座） | $\zeta$ And | ( 215) |
| 2　亢宿（おとめ座東部） | | $\kappa$ Vir | (5315) | 16　婁（おひつじ座西部） | $\beta$ Ari | ( 553) |
| 3　氐宿（てんびん座） | | $\alpha^2$Lib | (5531) | 17　胃（おひつじ座） | 35Ari | ( 801) |
| 4　房宿（さそり座西部） | 左服 | $\pi$ Sco | (5944) | 18　昴（おうし座西部） | 17Tau | (1142) |
| 5　心宿（さそり座中央） | 前星 | $\sigma$ Sco | (6084) | 19　畢（おうし座中央） | $\varepsilon$ Tau | (1409) |
| 6　尾（さそり座東部） | | $\mu^1$Sco | (6247) | 20　觜（觽）(オリオン座北部) | $\phi^1$Ori | (1876) |
| 7　箕（いて座西部） | | $\gamma^2$Sgr | (6746) | 21　参（オリオン座南部） | $\delta$ Ori | (1852) |
| **北方7宿** | | | | **南方7宿** | | |
| 8（南）斗（いて座中東部） | 第4星 | $\phi$ Sgr | (7039) | 22（東）井（ふたご座） | $\mu$ Gem | (2286) |
| 9（牽）牛（やぎ座） | 中央星 | $\beta$ Cap | (7776) | 23（輿）鬼（かに座） | $\theta$ Cnc | (3357) |
| 10（須）女（みずがめ座西部） | | $\varepsilon$ Aqr | (7950) | 24　柳（うみへび座西部） | $\delta$ Hya | (3410) |
| 11　虚（みずがめ座中央） | | $\beta$ Aqr | (8232) | 25（七）星（うみへび座中央） | $\alpha$ Hya | (3748) |
| 12　危（みずがめ座東部） | | $\alpha$ Aqr | (8414) | 26　張（うみへび座東部） | $\upsilon^1$Hya | (3903) |
| 13（營）室（ペガスス座西部） | | $\alpha$ Peg | (8781) | 27　翼（コップ座） | $\alpha$ Crt | (4287) |
| 14（東）壁（ペガスス座東部） | | $\gamma$ Peg | (　39) | 28　軫（からす座） | $\gamma$ Crv | (4662) |

# 附録3.　計算プログラム

はじめ本書作製にあたっての方針として，本書は天文計算の方式を示すにとどめ，パソコン・プログラムづくりは読者各自の自由な工夫にまかせるつもりであった。この種のプログラムづくりには，いくつかの関門があって，そこで立ち往生をしては頭をしぼり，そしてひとつひとつ解決していくことが読者の勉強にとって大切なことと思ったからである。

本書と類似の他書に，ビッシリとプログラムが例示したものがあるが，これらは内容を理解せずに目的だけ達するものであり，非教育的だと信じていたからである。それにパソコンは機種によって用語が違うから，そのまま真似をしても作動してくれない。しかし筆者の方針もあまりにスパルタ式であって，初学の読者はこれではとまどうことも確かである。そこで編集者の忠言をいれて，いくつかのプログラムを参考としてここに掲げることとした。しかし，これはけっして模範例などではない。むしろ冗長かつ幼稚なプログラムであることは筆者自身が承知している。

プログラムのつくり方は，つくる人によって千差万別である。読者はどうにも困ったときにだけ，ここをちょっとのぞいて見る程度に利用していただきたいと思う。読者はあくまで自己流のプログラムづくりをするようお勧めする。

なお掲示したほとんどのプログラムには，その最初に，*JD* の計算と太陽位置の計算プログラムが重複してはいっている。だから，*JD* と太陽のプログラムは改めて掲示してはいない。この点ご承知ねがいたい。水星と火星とは金星のプログラムで軌道要素と光度の式の数値とを入れかえただけであとは同一なので掲示を省略した。木星と土星とは摂動項がちがうのでそれぞれを掲示してある。また彗星は周期彗星のプログラムを掲げてある。

なお筆者が現在使っているパソコンは Fujitsu FM 16 $\beta$ であり，言語は

BASICである。他の機種のものでも，いくらかの修整で応用できるであろう。

## (1) 金星の位置と光度と太陽離角

西暦年月日時（Y, M, D, H）と観測地の経度（LON）をインプットする.

```
100 'FILE "VEN" programmed by Kuniji SAITO on 1983 VII 27, revised on 1985 XI 11
for FM 16 beta
110 '**********************************************************
115 '*                                                        *
120 '*                      V E N U S                         *
125 '*                                                        *
130 '**********************************************************
140 ' Y=Year, M= Month, D= Day, H= Hour(LMT in hours)
150 ' LON = Observer's Longitude in degrees
160 COLOR 5: PRINT "INPUT Y, M, D, H(LMT), LON": COLOR 7
170 '
175 INPUT Y, M, D, H, LON
180 IF M<3 THEN Y=Y-1 : M=M+12
190 S=INT(365.25*Y)+INT(30.59*(M-2))
200 S#=S:D#=D:H#=H/24:LON#=LON/360
210 JD#=S#+D#+H#-LON#+1721086.5#
220 T#=2299161#
230 IF JD#<T# THEN PRINT"JULIAN JD = "JD#: GOTO 270
240 A#=INT(Y/400)-INT(Y/100)+2: PRINT"A#="A#
250 JD#=JD#+A#
260 PRINT"GREGORIAN JD = "JD#
270 '
280 'EPOCH (Tuckerman)= 1900 I 1.5 UT = JD 2415021#
290 C#=(JD#-2415021#)/36525!
300 PRINT "C#="C#: C=C#
301 '
302 '++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
303 '+                   Sun's position (geocentric)            +
304 '++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
305 P#=3.1415926#/180: P=P#
310 ' SML= Sun's Mean Longitude
320 SML#=280.6824#+36000.769325#*C#+7.22222E-04*C#*C#
330 SML#=360*(SML#/360-INT(SML#/360)): SML=SML# :PRINT"SML="SML
340 ' SEC= Solar Eccentricity
350 SEC=1.67498E-02-4.258E-05*C-1.37E-07*C*C: PRINT"SEC="SEC
360 ' SPL= Sun's Longitude of Perihelion
370 SPL#=281.2206#+1.717697#*C#++4.83333E-04*C#*C#+2.77777E-06*C#*C#*C#: SPL=SPL
#: PRINT"SPL="SPL
380 ' SMA= Sun's Mean Anomaly
400 SMA#=(SML#-SPL#)*P#: SMA=SMA#
410 'SMPG= Sonnenmittelpunktsgleichung(Sun's Equation of Center)
420 SMPG=1.91946*SIN(SMA)+2.00939E-02*SIN(2*SMA)-4.78889E-03*SIN(SMA)*C-1.44444E
-05*SIN(SMA)*C*C: PRINT"SMPG="SMPG
440 '
450 ' SL= Solar (True) Longitude,
460 SL=SML+SMPG: PRINT"SL="SL
470 ' SRR= Sun's Radius Vector :SAX= Semi-major Axis of Earth's Orbit
480 SAX#=1.00000129#
490 ' STA= Sun's True Anomaly
500 STA= SL-SPL: PRINT"STA="STA
```

```
505 ' SRR= Sun-Earth Radius Vector
510 SRR=SAX#*(1-SEC*SEC)/(1+SEC*COS(STA*P#)): PRINT"SRR="SRR
515 ' SS= Solar Semi-diameter
520 SS=.2666/SRR: PRINT"SS=" SS
521 ' ----------------------- X,Y,Z of SUN ----------------------------
522 SX=SRR*COS(SL*P): SY=SRR*SIN(SL*P): SZ=0
523 PRINT"SX="SX: PRINT"SY="SY: PRINT"SZ="SZ
530 '
535 ' ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
536 ' +                  Venus' position (heliocentric)               +
537 ' ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
540 ' AX =semi-major axis(a) of VENUS
550 ' RR =radius vector (r) of SUN to VENUS
560 ' ML =mean longitude of VENUS from Gamma point
570 ' PNL=longitude of perihelion of VENUS' orbit
580 ' MA =mean anomaly of VENUS' orbit
590 ' OMG=longitude of ascending node (omega) of VENUS' orbit
600 ' INC=inclination of VENUS' orbit
610 ' EC =eccentricity of VENUS' orbit
620 ' MPG=Venus-mittelpunktsgleichung
630 ' TA =true anomaly ( TA=MA+MPG )
640 ' UU =true VENUS from ascending node
650 ' LL =heliocentric longitude of VENUS from Gamma point
660 ' TB =heliocentric latitude  of VENUS
670 '+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
680 '+              Orbital Elements of VENUS               +
690 '+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
700 AX#=.72333015#: PRINT"AX#=".72333015#: AX=AX#
710 ML#=344.36936#+58519.2126#*C#+9.8055E-04*C#*C#
720     ML#=360*(ML#/360-INT(ML#/360)): PRINT"ML#="ML#: ML=ML#
730 PNL#=130.14057#+1.3723*C#-1.6472E-03*C#*C#: PRINT"PNL#="PNL#: PNL=PNL#
740 MA#=ML#-PNL#: MA#=360*(MA#/360-INT(MA#/360)):MA=MA#: IF MA#<0 THEN MA#=MA#+3
60
745 PRINT"MA#="MA#
750 OMG#=75.7881#+.91403#*C#+4.189E-04*C#*C#: OMG=OMG#: PRINT"OMG#="OMG#
760 INC=3.3936+1.2522E-03*C-4.333E-06*C*C:    PRINT"INC="INC
770 EC =6.81636E-03-5.384E-05*C+1.26E-07*C*C: PRINT"EC="EC
780 MPG=(2*EC-EC*EC*EC/4)*SIN(MA*P)+5/4*EC*EC*SIN(2*MA*P)+13/12*EC*EC*EC*SIN(3*M
A*P): MPG=MPG/P: PRINT"MPG ="MPG"(in deg)"
790 TA#=MA#+MPG: TA=TA#:   PRINT"TA#="TA#
800 UU#=TA#+PNL#-OMG#: PRINT"UU#="UU#: IF UU#<0 THEN UU#=UU#+360
805 UU=UU#
810 AA#=COS(INC*P)*TAN(UU*P): PRINT"AA#="AA#
820 CC#=ATN(AA#)/P#: CC=CC#:  PRINT"CC#="CC#
830      IF UU>90 AND UU<270 THEN CC=CC+180
840      IF UU>270 THEN CC=CC+360
850 LL=CC+OMG:     IF LL>360 THEN LL=LL-360
855 PRINT"LL="LL
860 BB=TAN(INC*P)*SIN(CC*P):                  PRINT"BB="BB
870 TB=ATN(BB)/P:                             PRINT"TB="TB
880 '----------------------- X,Y,Z of VENUS ---------------------------------
890 RR=AX#*(1-EC*EC)/(1+EC*COS(TA*P)): PRINT"RR="RR
900 XX=RR*(COS(UU*P)*COS(OMG*P)-SIN(UU*P)*SIN(OMG*P)*COS(INC*P)): PRINT"XX="XX
910 YY=RR*(COS(UU*P)*SIN(OMG*P)+SIN(UU*P)*COS(OMG*P)*COS(INC*P)): PRINT"YY="YY
920 ZZ=RR*SIN(UU*P)*SIN(INC*P):                                    PRINT"ZZ="ZZ
930 TT=SQR(XX*XX+YY*YY+ZZ*ZZ): PRINT"RR=TT="TT
940 '----------------- Geocentric positions of VENUS -------------------------
950 EX=XX+SX: EY=YY+SY: EZ=ZZ+SZ: DD=SQR(EX*EX+EY*EY+EZ*EZ)
960 PRINT"EX="EX: PRINT"EY="EY: PRINT"EZ="EZ: PRINT"DD="DD
970 LAM=ATN(EY/EX)/P: SS=EZ/DD
980 BET=ATN(SS/SQR(1-SS*SS))/P
990         IF EX<0 THEN LAM=LAM+180
1000        IF LAM<0 THEN LAM=LAM+360
1010 PRINT"LAM="LAM:PRINT"BET="BET
1020 '
1030 ELO=LAM-SL: PRINT"ELO="ELO
1040 HL=LL-SL: IF HL<-180 THEN HL=HL+360
1045 PRINT"HL="HL
1050 '-----------------------Brightness of VENUS ------------------------------
```

```
1060 D2=TT*TT+SRR*SRR+2*TT*SRR*COS(HL*P):DD=SQR(D2)
1070 T=(TT*TT+DD*DD-SRR*SRR)/(2*TT*DD): PRINT"T="T
1080 I=ATN(SQR(1-T*T)/T): I=I/P: IF I<0 THEN I=I+180: PRINT"I(phase angle)="I
1090 '
1100 PRINT"==========================V E N U S ==================================
==="
1110 COLOR 4:  PRINT"SUN      SL="SL, "SRR="SRR
1120 COLOR 6:  PRINT"VEN     LAM="LAM,"BET="BET
1130 COLOR 7:                       PRINT"LL="LL,"TB="TB
1140 COLOR 6:            PRINT"Elongation ELO ="ELO
1150 COLOR 7:            PRINT"SUN-VENUS RR="RR
1155                     PRINT"SUN-EARTH SRR="SRR
1160                     PRINT"VENUS-EARTH DD="DD
1170 BR=-4+5*LOG(TT*DD)/LOG(10)+.01322*ABS(I)+4.247E-07*ABS(I*I*I)
1180 COLOR 6:            PRINT"Brightness BR="BR
1190 '
1200 IF M>12 THEN Y=Y+1:M=M-12
1210 PRINT"                                   for"Y;M;D","H "at LON="LON
1220 COLOR 7: GOTO 160
```

## (2) 木星の位置と光度

西暦年月日時（Y, M, D, H）と観測地の経度（LON）をインプットする.（このプログラムでは観測地をLON＝118.8（南京）と固定してある）短周期摂動補正のためには，図Ⅶ-2～4からL8，PS8，PH8を読みとってインプットする.

```
10 'FILE "JUP"  programmed by Kuniji SAITO on 1983 VII 28, revised on 1985 XII 2
for FM 16 beta
20 '*********************************************************
30 '*                                                       *
40 '*                   J U P I T E R                       *
50 '*             with perturbation corrected               *
60 '*                                                       *
70 '*********************************************************
80 ' Y=Year, M= Month, D= Day, H= Hour(LMT in hours)
90 ' LON = Observer's Longitude in degrees
100 COLOR 5: PRINT "INPUT Y, M, D, H(LMT), LON=118.8(Nanking) ": COLOR 7
110 '
120 INPUT Y, M, D, H  : LON=118.8
130 IF M<3 THEN Y=Y-1 : M=M+12
140 S=INT(365.25*Y)+INT(30.59*(M-2))
150 S#=S:D#=D:H#=H/24:LON#=LON/360
160 JD#=S#+D#+H#-LON#+1721086.5#
170 T#=2299161#
180 IF JD#<T# THEN PRINT"JULIAN JD = "JD#: GOTO 220
190 A#=INT(Y/400)-INT(Y/100)+2: PRINT"A#="A#
200 JD#=JD#+A#
210 PRINT"GREGORIAN JD = "JD#
220 '
230 'EPOCH (Tuckerman)= 1900 I 1.5 UT = JD 2415021#
240 C#=(JD#-2415021#)/36525!
250 PRINT "C#="C#: C=C#
260 '
270 '+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
280 '+                Sun's position (geocentric)            +
290 '+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
```

```
300 P#=3.1415926#/180: P=P#
310 ' SML= Sun's Mean Longitude
320 SML#=280.6824#+36000.769325#*C#+7.22222E-04*C#*C#
330 SML#=360*(SML#/360-INT(SML#/360)): SML=SML# :PRINT"SML="SML
340 ' SEC= Solar Eccentricity
350 SEC=1.67498E-02-4.258E-05*C-1.37E-07*C*C: PRINT"SEC="SEC
360 ' SPL= Sun's Longitude of Perihelion
370 SPL#=281.2206#+1.717697#*C#++4.83333E-04*C#*C#+2.77777E-06*C#*C#*C#: SPL=SPL
#: PRINT"SPL="SPL
380 ' SMA= Sun's Mean Anomaly
390 SMA#=(SML#-SPL#)*P#: SMA=SMA#
400 'SMPG= Sonnenmittelpunktsgleichung(Sun's Equation of Center)
410 SMPG=1.91946*SIN(SMA)+2.00939E-02*SIN(2*SMA)-4.78889E-03*SIN(SMA)*C-1.44444E
-05*SIN(SMA)*C*C: PRINT"SMPG="SMPG
420 '
430 ' SL= Solar (True) Longitude
440 SL=SML+SMPG: PRINT"SL="SL
450 ' SRR= Sun's Radius Vector :SAX= Semi-major Axis of Earth's Orbit
460 SAX#=1.00000129#
470 ' STA= Sun's True Anomaly
480 STA= SL-SPL: PRINT"STA="STA
490 ' SRR= Sun-Earth Radius Vector
500 SRR=SAX#*(1-SEC*SEC)/(1+SEC*COS(STA*P#)): PRINT"SRR="SRR
510 ' SS= Solar Semi-diameter
520 SS=.2666/SRR: PRINT"SS=" SS
530 ' ----------------------- X,Y,Z of SUN ----------------------------
540 SX=SRR*COS(SL*P): SY=SRR*SIN(SL*P): SZ=0
550 PRINT"SX="SX: PRINT"SY="SY: PRINT"SZ="SZ
560 '
570 ' +++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
580 ' +              Jupiter's position (heliocentric)              +
590 ' +++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
600 ' AX =semi-major axis(a) of JUPITER
610 ' RR =radius vector (r) of SUN to JUPITER
620 ' ML =mean longitude of JUPITER from Gamma point
630 ' PNL=longitude of perihelion of JUPITER's orbit
640 ' MA =mean anomaly of JUPITER's orbit
650 ' OMG=longitude of ascending node (omega) of JUPITER's orbit
660 ' INC=inclination of JUPITER's orbit
670 ' EC =eccentricity of JUPITER's orbit
680 ' MPG=Jupiter-mittelpunktsgleichung ( Jupiter's Equation of center )
690 ' TA =true anomaly ( TA=MA+MPG )
700 ' UU =true JUPITER from ascending node
710 ' LL =heliocentric longitude of JUPITER from Gamma point
720 ' TB =heliocentric latitude  of JUPITER
730 '++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
740 PRINT"+++++ Corrections for Perturbations in JUPITER +++++"
750 '++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
760 AX#=5.202805#: PRINT"AX#="5.202805#: AX=AX#
770 '
780 ' ++++++++++++++ Long-period Perturbation in ML +++++++++++++++++++++
790 ML#=238.132386#+3036.301986#*C#+3.34683E-04*C#*C#-1.64889E-06*C#*C#*C#
800     ML#=360*(ML#/360-INT(ML#/360))
810 T=Y/1000
820 A=.42-.075*T+.015*T*T-.003*T*T*T
830 L7=A*SIN((T-.62)*360/.925*P): L7#=L7: PRINT"L7="L7
840 ' +++++++++++++ Short-period Perturbation in ML ++++++++++++++++++++
850 ETA#=86.1#+.033459#*(JD#-1721057#)
860         ETA#=360*(ETA#/360-INT(ETA#/360))   : ETA=ETA#
870 ZETA#=89.1#+.04963#*(JD#-1721057#)
880         ZETA#=360*(ZETA#/360-INT(ZETA#/360)): ZETA=ZETA#
890 COLOR 4: PRINT"ETA="ETA; "ZETA="ZETA: COLOR 5
900 PRINT
910 PRINT"INPUT L8 from ETA and ZETA"
920 INPUT L8
930 COLOR 6 : PRINT"ML#="ML#
940 ML#=ML#+L7#+L8 : PRINT"ML#="ML# "( perturbation corrected )" : COLOR 7
950 PRINT
960 '+++++++++++++++ Long-period Perturbation in PNL ++++++++++++++++++++
```

```
970 PNL#=12.720972#+1.6099617#*C#+1.05627E-03*C#*C#-3.4333E-06*C#*C#*C#
975 PNL#=360*(PNL#/360-INT(PNL#/360))
977      IF PNL#<0 THEN PNL#=PNL#+360
980 PS7=.02*SIN((T+.1)*360/.925*P): PRINT"PS7="PS7: PS7#=PS7: COLOR 5
990 '+++++++++++++++ Short-period Perturbation in PNL ++++++++++++++++++++
1000 PRINT"INPUT PS8 from ETA="ETA" and  ZETZ="ZETA: COLOR 7
1010 INPUT PS8: PRINT"PS8="PS8
1020 PH=2.58+.1*T: PRINT"PH="PH "( PH=index of eccentricity, EC=SIN(PH) )"
1030 COLOR 6: PRINT"PNL#="PNL#
1040 PNL#=PNL#+(PS7+PS8)/SIN(PH*P)
1050 PRINT"PNL#="PNL# "( perturbation corrected )": COLOR 7
1060 PRINT
1070  '++++++++++++++ Long-period Perturbation in EC +++++++++++++++++++++
1080 EC#=.0483348#+1.6418E-04*C#-4.676E-07*C#*C#-1.7E-09*C#*C#*C#: EC=EC#
1090 PH7=.03*SIN((T+.36)*360/.925*P) : PRINT"PH7="PH7: COLOR 5
1100 ' ++++++++++++++ Short-period Perturbation in EC +++++++++++++++++++
1110 PRINT" INPUT PH8 from ETA="ETA" and ZETA="ZETA : COLOR 7
1120 INPUT PH8: PRINT"PH8="PH8: COLOR 6
1125 PRINT"EC="EC
1130 EC=SIN((PH+PH7+PH8)*P): PRINT"EC="EC "( perturbation corrected )": COLOR 7
1140 '***************************************************************
1145 PRINT
1150 MA#=ML#-PNL#: MA#=360*(MA#/360-INT(MA#/360)): MA=MA#: IF MA#<0 THEN MA#=MA#
+360
1160 PRINT"MA#="MA#
1170 OMG#=99.443414#+1.01053#*C#+3.52222E-04*C#*C#-8.51111E-06*C#*C#*C# : OMG=OM
G#: PRINT"OMG#="OMG#
1180 INC#=1.308736#-5.69611E-03*C#+3.88889E-06*C#*C#: INC=INC#: PRINT"INC="INC
1190 MPG=(2*EC-EC*EC*EC/4)*SIN(MA*P)+5/4*EC*EC*SIN(2*MA*P)+13/12*EC*EC*EC*SIN(3*
MA*P): MPG=MPG/P: PRINT"MPG ="MPG"(in deg)": MPG#=MPG
1200 TA#=MA#+MPG#: TA=TA#:   PRINT"TA#="TA#
1210 UU#=TA#+PNL#-OMG#: UU=UU#: PRINT"UU="UU: IF UU<0 THEN UU=UU+360
1220                                          IF UU>360 THEN UU=UU-360
1230 AA#=COS(INC*P)*TAN(UU*P): PRINT"AA#="AA#
1240 CC#=ATN(AA#)/P#: CC=CC#:  PRINT"CC#="CC#
1250      IF UU>90 AND UU<270 THEN CC=CC+180
1260      IF UU>270 THEN CC=CC+360
1270 LL=CC+OMG:     IF LL>360 THEN LL=LL-360
1280 PRINT"LL="LL
1290 BB=TAN(INC*P)*SIN(CC*P):                 PRINT"BB="BB
1300 TB=ATN(BB)/P:                            PRINT"TB="TB
1310 '----------------------- X,Y,Z of JUPITER -------------------------------

1320 RR=AX#*(1-EC*EC)/(1+EC*COS(TA*P)): PRINT"RR="RR
1330 XX=RR*(COS(UU*P)*COS(OMG*P)-SIN(UU*P)*SIN(OMG*P)*COS(INC*P)): PRINT"XX="XX
1340 YY=RR*(COS(UU*P)*SIN(OMG*P)+SIN(UU*P)*COS(OMG*P)*COS(INC*P)): PRINT"YY="YY
1350 ZZ=RR*SIN(UU*P)*SIN(INC*P):                                   PRINT"ZZ="ZZ
1360 TT=SQR(XX*XX+YY*YY+ZZ*ZZ): PRINT"RR=TT="TT
1370 '----------------- Geocentric positions of JUPITER ----------------------

1380 EX=XX+SX: EY=YY+SY: EZ=ZZ+SZ: DD=SQR(EX*EX+EY*EY+EZ*EZ)
1390 PRINT"EX="EX: PRINT"EY="EY: PRINT"EZ="EZ: PRINT"DD="DD
1400 LAM=ATN(EY/EX)/P: SS=EZ/DD
1410 BET=ATN(SS/SQR(1-SS*SS))/P
1420          IF EX<0 THEN LAM=LAM+180
1430         IF LAM<0 THEN LAM=LAM+360
1440 PRINT"LAM="LAM:PRINT"BET="BET
1450 '
1460 ELO=LAM-SL: IF ELO<-180 THEN ELO=ELO+360
1470 HL=LL-SL: IF HL<-180 THEN HL=HL+360
1480 PRINT"HL="HL
1490 '----------------------Brightness of JUPITER ---------------------------
1500 D2=TT*TT+SRR*SRR+2*TT*SRR*COS(HL*P):DD=SQR(D2)
1510 T=(TT*TT+DD*DD-SRR*SRR)/(2*TT*DD): PRINT"T="T
1520 I=ATN(SQR(1-T*T)/T): I=I/P: IF I<0 THEN I=I+180: PRINT"I(phase angle)="I
1530 COLOR 6
1540 PRINT"==================== J U P I T E R ============================="
1550 COLOR 4:  PRINT"SUN        SL="SL,          "SRR="SRR
1560 COLOR 6:  PRINT"JUPITER   LAM="LAM,"BET="BET
```

```
1570 COLOR 7:                          PRINT"LL="LL,"TB="TB
1580 COLOR 6:             PRINT"Elongation ELO  ="ELO
1590 COLOR 7:             PRINT"SUN-JUPITER RR  ="RR
1600                      PRINT"SUN-EARTH  SRR  ="SRR
1610                      PRINT"JUPITER-EARTH DD="DD
1620 BR=-8.93+5*LOG(RR*DD)/LOG(10)
1630 COLOR 6:             PRINT"Brightness BR="BR
1640 '
1650 IF M>12 THEN Y=Y+1:M=M-12
1660 PRINT"                     Jupiter   for"Y;M;D",H "at LON="LON"(Nanking)"
1670 GOTO 10
1680 END
```

## (3) 土星の位置と光度

> 西暦年月日時（Y, M, D, H）と観測地の経度（LON）をインプットする．（このプログラムでは観測地をLON＝118.8（南京）と固定してある）短周期摂動補正のためには，図Ⅷ-1～4からL8，PS8，PH8，AX8を読みとってインプットする．

```
10 'FILE "SAT"  programmed by Kuniji SAITO on 1983 VII 28, revised on 1985 XII 3
for FM 16 beta
20 '**********************************************************
30 '*                                                        *
40 '*                      S A T U R N                       *
50 '*              with perturbation corrected               *
60 '*                                                        *
70 '**********************************************************
80 ' Y=Year, M= Month, D= Day, H= Hour(LMT in hours)
90 ' LON = Observer's Longitude in degrees
100 COLOR 5: PRINT "INPUT Y, M, D, H(LMT), LON=118.8(Nanking)": COLOR 7
110 '
120 INPUT Y, M, D, H : LON=118.8
130 IF M<3 THEN Y=Y-1 : M=M+12
140 S=INT(365.25*Y)+INT(30.59*(M-2))
150 S#=S:D#=D:H#=H/24:LON#=LON/360
160 JD#=S#+D#+H#-LON#+1721086.5#
170 T#=2299161#
180 IF JD#<T# THEN PRINT"JULIAN JD = "JD#: GOTO 220
190 A#=INT(Y/400)-INT(Y/100)+2: PRINT"A#="A#
200 JD#=JD#+A#
210 PRINT"GREGORIAN JD = "JD#
220 '
230 'EPOCH (Tuckerman)= 1900 I 1.5 UT = JD 2415021#
240 C#=(JD#-2415021#)/36525!
250 PRINT "C#="C#: C=C#
260 '
270 '++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
280 '+                  Sun's position (geocentric)             +
290 '++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
300 P#=3.1415926#/180: P=P#
310 ' SML= Sun's Mean Longitude
320 SML#=280.6824#+36000.769325#*C#+7.22222E-04*C#*C#
330 SML#=360*(SML#/360-INT(SML#/360)): SML=SML# :PRINT"SML="SML
340 ' SEC= Solar Eccentricity
350 SEC=1.67498E-02-4.258E-05*C-1.37E-07*C*C: PRINT"SEC="SEC
360 ' SPL= Sun's Longitude of Perihelion
```

```
370 SPL#=281.2206#+1.717697#*C#++4.83333E-04*C#*C#+2.77777E-06*C#*C#*C#: SPL=SPL
#: PRINT"SPL="SPL
380 ' SMA= Sun's Mean Anomaly
390 SMA#=(SML#-SPL#)*P#: SMA=SMA#
400 'SMPG= Sonnenmittelpunktsgleichung(Sun's Equation of Center)
410 SMPG=1.91946*SIN(SMA)+2.00939E-02*SIN(2*SMA)-4.78889E-03*SIN(SMA)*C-1.44444E
-05*SIN(SMA)*C*C: PRINT"SMPG="SMPG
420 '
430 ' SL= Solar (True) Longitude
440 SL=SML+SMPG: PRINT"SL="SL
450 ' SRR= Sun's Radius Vector :SAX= Semi-major Axis of Earth's Orbit
460 SAX#=1.00000129#
470 ' STA= Sun's True Anomaly
480 STA= SL-SPL: PRINT"STA="STA
490 ' SRR= Sun-Earth Radius Vector
500 SRR=SAX#*(1-SEC*SEC)/(1+SEC*COS(STA*P#)): PRINT"SRR="SRR
510 ' SS= Solar Semi-diameter
520 SS=.2666/SRR: PRINT"SS=" SS
530 ' ----------------------- X,Y,Z of SUN -----------------------------
540 SX=SRR*COS(SL*P): SY=SRR*SIN(SL*P): SZ=0
550 PRINT"SX="SX: PRINT"SY="SY: PRINT"SZ="SZ
560 '
570 ' +++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
580 ' +                Saturn's position (heliocentric)                +
590 ' +++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
600 ' AX =semi-major axis(a) of SATURN
610 ' RR =radius vector (r) of SUN to SATURN
620 ' ML =mean longitude of SATURN from Gamma point
630 ' PNL=longitude of perihelion of SATURN's orbit
640 ' MA =mean anomaly of SATURN's orbit
650 ' OMG=longitude of ascending node (omega) of SATURN's orbit
660 ' INC=inclination of SATURN's orbit
670 ' EC =eccentricity of SATURN's orbit
680 ' MPG=Saturnsmittelpunktsgleichung ( Saturn's Equation of center )
690 ' TA =true anomaly ( TA=MA+MPG )
700 ' UU =true SATURN from ascending node
710 ' LL =heliocentric longitude of SATURN from Gamma point
720 ' TB =heliocentric latitude  of SATURN
730 '++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
740 PRINT"+++++ Corrections for Perturbations in SATURN ++++++"
750 '++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
760 AX#=9.554747#: PRINT"AX#="9.554747#: AX=AX#
770 '
780 ' ++++++++++++++ Long-period Perturbation in ML +++++++++++++++++++++
790 ML#=266.597875#+1223.50988#*C#+3.24542E-04*C#*C#-5.83333E-07*C#*C#*C#
800     ML#=360*(ML#/360-INT(ML#/360))
810 T=Y/1000
820 A= .88-.0633*T+.03*T*T-.0006*T*T*T
830 L7=-.5+A*SIN((T-.145)*360/.95*P): L7#=L7: PRINT"L7="L7
840 ' +++++++++++++ Short-period Perturbation in ML ++++++++++++++++++++
850 ETA#=86.1#+.033459#*(JD#-1721057#)
860         ETA#=360*(ETA#/360-INT(ETA#/360))   : ETA=ETA#
870 ZETA#=89.1#+.04963#*(JD#-1721057#)
880         ZETA#=360*(ZETA#/360-INT(ZETA#/360)): ZETA=ZETA#
890 COLOR 4: PRINT"ETA="ETA; "ZETA="ZETA: COLOR 5
900 PRINT
910 PRINT"INPUT L8 from ETA and ZETA"
920 INPUT L8
930 COLOR 6 : PRINT"ML#="ML#
940 ML#=ML#+L7#+L8 : PRINT"ML#="ML# "( perturbation corrected )" : COLOR 7
950 PRINT
960 '+++++++++++++++ Long-period Perturbation in PNL ++++++++++++++++++++
970 PNL#=91.09821#+1.958416#*C#+8.26361E-04*C#*C#+4.61111E-06*C#*C#*C#
980 PNL#=360*(PNL#/360-INT(PNL#/360))
990       IF PNL#<0 THEN PNL#=PNL#+360
1000 B=.1-.005*T
1010 PS7=-.5+B*SIN((T-.54)*360/.95*P): PRINT"PS7="PS7: PS7#=PS7: COLOR 5
1020 '+++++++++++++++ Short-period Perturbation in PNL ++++++++++++++++++++
1030 PRINT"INPUT PS8 from ETA="ETA" and  ZETZ="ZETA: COLOR 7
```

```
1040 INPUT PS8: PRINT"PS8="PS8
1050 PH= 3.56-.175*T-.005*T*T: PRINT"PH="PH "( PH=index of eccentricity, EC=SIN(
PH) )"
1060 COLOR 6: PRINT"PNL#="PNL#
1070 PNL#=PNL#+(PS7+PS8)/SIN(PH*P)
1080 PRINT"PNL#="PNL# "( perturbation corrected )": COLOR 7
1090 PRINT
1100  '+++++++++++++++ Long-period Perturbation in EC +++++++++++++++++++++
1110 EC#=.05589231#-3.455E-04*C#-7.28E-07*C#*C#+7.4E-10*C#*C#*C#: EC=EC#
1120 F=.1-.005*T
1130 PH7=-.5+F*SIN((T-.32)*360/.95*P) : PRINT"PH7="PH7: COLOR 5
1140 ' +++++++++++++++ Short-period Perturbation in EC ++++++++++++++++++++
1150 PRINT" INPUT PH8 from ETA="ETA" and ZETA="ZETA : COLOR 7
1160 INPUT PH8: PRINT"PH8="PH8: COLOR 6
1170 PRINT"EC="EC
1180 EC=SIN((PH+PH7+PH8)*P): PRINT"EC="EC "( perturbation corrected )": COLOR 7
1185 PRINT
1190 ' +++++++++++++++ Long-period Perturbation in AX ++++++++++++++++++++
1200 AX#=9.554747#
1210 G= .004-.0005*T
1220 AX7= -.05+G*SIN((T-.35)*360/.95*P):PRINT"AX7="AX7: COLOR 5
1230 ' +++++++++++++++ Short-period Perturbation in AX ++++++++++++++++++++
1240 PRINT"INPUT AX8 from ETA="ETA" and ZETA="ZETA: COLOR 7
1250 INPUT AX8: PRINT"AX8="AX8: COLOR 6
1260 PRINT"AX#="AX#
1270 PRINT"AX#="AX#+AX7+AX8 "( perturbation corrected )"
1280 '*****************************************************************
1290 PRINT : COLOR 7
1300 MA#=ML#-PNL#: MA#=360*(MA#/360-INT(MA#/360)): MA=MA#: IF MA#<0 THEN MA#=MA#
+360
1310 PRINT"MA#="MA#
1320 OMG#=112.790414#+.873195#*C#-1.52181E-04*C#*C#-5.30555E-06*C#*C#*C# : OMG=O
MG#: PRINT"OMG#="OMG#
1330 INC#=2.49252-3.91889E-03*C#-1.54889E-05*C#*C#+4.44444E-08*C#*C#*C#: INC=INC
#: PRINT"INC="INC
1340 MPG=(2*EC-EC*EC*EC/4)*SIN(MA*P)+5/4*EC*EC*SIN(2*MA*P)+13/12*EC*EC*EC*SIN(3*
MA*P): MPG=MPG/P: PRINT"MPG ="MPG"(in deg)": MPG#=MPG
1350 TA#=MA#+MPG#: TA=TA#:   PRINT"TA#="TA#
1360 UU#=TA#+PNL#-OMG#: UU=UU#: PRINT"UU="UU: IF UU<0 THEN UU=UU+360
1370                                          IF UU>360 THEN UU=UU-360
1380 AA#=COS(INC*P)*TAN(UU*P): PRINT"AA#="AA#
1390 CC#=ATN(AA#)/P#: CC=CC#:  PRINT"CC#="CC#
1400      IF UU>90 AND UU<270 THEN CC=CC+180
1410      IF UU>270 THEN CC=CC+360
1420 LL=CC+OMG:     IF LL>360 THEN LL=LL-360
1430 PRINT"LL="LL
1440 BB=TAN(INC*P)*SIN(CC*P):               PRINT"BB="BB
1450 TB=ATN(BB)/P:                          PRINT"TB="TB
1460 '----------------------- X,Y,Z of SATURN -------------------------------

1470 RR=AX#*(1-EC*EC)/(1+EC*COS(TA*P)): PRINT"RR="RR
1480 XX=RR*(COS(UU*P)*COS(OMG*P)-SIN(UU*P)*SIN(OMG*P)*COS(INC*P)): PRINT"XX="XX
1490 YY=RR*(COS(UU*P)*SIN(OMG*P)+SIN(UU*P)*COS(OMG*P)*COS(INC*P)): PRINT"YY="YY
1500 ZZ=RR*SIN(UU*P)*SIN(INC*P):                                   PRINT"ZZ="ZZ
1510 TT=SQR(XX*XX+YY*YY+ZZ*ZZ): PRINT"RR=TT="TT
1520 '---------------- Geocentric positions of SATURN ------------------------

1530 EX=XX+SX: EY=YY+SY: EZ=ZZ+SZ: DD=SQR(EX*EX+EY*EY+EZ*EZ)
1540 PRINT"EX="EX: PRINT"EY="EY: PRINT"EZ="EZ: PRINT"DD="DD
1550 LAM=ATN(EY/EX)/P: SS=EZ/DD
1560 BET=ATN(SS/SQR(1-SS*SS))/P
1570          IF EX<0 THEN LAM=LAM+180
1580         IF LAM<0 THEN LAM=LAM+360
1590 PRINT"LAM="LAM:PRINT"BET="BET
1600 '
1610 ELO=LAM-SL: IF ELO<-180 THEN ELO=ELO+360
1620 HL=LL-SL: IF HL<-180 THEN HL=HL+360
1630 PRINT"HL="HL
1640 '----------------------Brightness of SATURN ----------------------------
```

```
1650 D2=TT*TT+SRR*SRR+2*TT*SRR*COS(HL*P):DD=SQR(D2)
1660 T=(TT*TT+DD*DD-SRR*SRR)/(2*TT*DD): PRINT"T="T
1670 I=ATN(SQR(1-T*T)/T): I=I/P: IF I<0 THEN I=I+180: PRINT"I(phase angle)="I
1680 BR1=-8.68+5*LOG(RR*DD)/LOG(10)
1690 BR2=1.1*ABS(SIN((LL+38-.014*Y)*P))
1700 BR=BR1-BR2
1710 COLOR 6
1720 PRINT"====================  S A T U R N ==============================="
1730 COLOR 4:  PRINT"SUN        SL="SL,              "SRR="SRR
1740 COLOR 6:  PRINT"SATURN    LAM="LAM,"BET="BET
1750 COLOR 7:                          PRINT"LL="LL,"TB="TB
1760 COLOR 6:           PRINT"Elongation ELO  ="ELO
1770 COLOR 7:           PRINT"SUN-SATURN  RR  ="RR
1780                    PRINT"SUN-EARTH   SRR  ="SRR
1790                    PRINT"SATURN-EARTH  DD="DD
1800 BR1=-8.68+5*LOG(RR*DD)/LOG(10)    : PRINT"BR1="BR1
1801 BR2=1.1*ABS(SIN((LL+38-.014*Y)*P)): PRINT"BR2="BR2
1810 COLOR 6:           PRINT"Brightness BR=BR1-BR2="BR
1820 '
1830 IF M>12 THEN Y=Y+1:M=M-12
1840 PRINT"                Saturn   for "Y;M;D","H "at LON="LON"(Nanking)"
1850 GOTO 10
1860 END
```

## (4) 月の視位置

西暦年月日時（Y, M, D, H）と観測地の経度（LON）と緯度（LAT）をインプットする.

```
100 'FILE "MOO" programmed by Kuniji SAITO on 1983 VII 29, revised on 1985 XI 15
for FM 16 beta
110 '**********************************************************
115 '*                                                        *
120 '*                     M  O  O  N                         *
125 '*         with perturbation and parallax corrected       *
130 '**********************************************************
132 '
134 '+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
136 '+                     Julian Day                           +
138 '+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
140 ' Y=Year, M= Month, D= Day, H= Hour(LMT in hours)
150 ' LON, LAT = Observer's Longitude and Latitude in degrees
160 COLOR 5: PRINT "INPUT Y, M, D, H(LMT), LON, LAT ": COLOR 7
170 '
175 INPUT Y, M, D, H, LON, LAT
180 IF M<3 THEN Y=Y-1 : M=M+12
190 S=INT(365.25*Y)+INT(30.59*(M-2))
200 S#=S: D#=D: H#=H/24: LON#=LON/360
210 JD#=S#+D#+H#-LON#+1721086.5#
220 T#=2299161#
230 IF JD#<T# THEN PRINT"JULIAN JD = "JD#: GOTO 270
240 A=INT(Y/400)-INT(Y/100)+2: A#=A: PRINT"A="A
250 JD#=JD#+A#
260 PRINT"GREGORIAN JD = "JD#
270 '+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
280 'Epoch (Tuckerman)= 1900 I 1.5 UT = JD 2415021#
290 C#=(JD#-2415021#)/36525!
300 PRINT "C#="C#: C=C#
301 '
302 '+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
303 '+               Sun's position (geocentric)               +
304 '+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
```

```
305 P#=3.1415926#/180: P=P#
310 ' SML= Sun's Mean Longitude
320 SML#=280.6824#+36000.769325#*C#+7.22222E-04*C#*C#
330 SML#=360*(SML#/360-INT(SML#/360)): SML=SML# :PRINT"SML="SML
340 ' SEC= Solar Eccentricity
350 SEC=1.67498E-02-4.258E-05*C-1.37E-07*C*C: PRINT"SEC="SEC
360 ' SPL= Sun's Longitude of Perihelion
370 SPL#=281.2206#+1.717697#*C#++4.83333E-04*C#*C#+2.77777E-06*C#*C#*C#: SPL=SPL
#: PRINT"SPL="SPL
380 ' SMA= Sun's Mean Anomaly
400 SMA#=(SML#-SPL#)*P#: SMA=SMA#
410 'SMPG= Sonnenmittelpunktsgleichung(Sun's Equation of Center)
420 SMPG=1.91946*SIN(SMA)+2.00939E-02*SIN(2*SMA)-4.78889E-03*SIN(SMA)*C-1.44444E
-05*SIN(SMA)*C*C: PRINT"SMPG="SMPG
440 '
450 ' SL= Solar (True) Longitude
460 SL=SML+SMPG: PRINT"SL="SL
470 ' SRR= Sun's Radius Vector :SAX= Semi-major Axis of Earth's Orbit
480 SAX#=1.00000129#
490 ' STA= Sun's True Anomaly
500 STA= SL-SPL: PRINT"STA="STA
505 ' SRR= Sun-Earth Radius Vector
510 SRR=SAX#*(1-SEC*SEC)/(1+SEC*COS(STA*P#)): PRINT"SRR="SRR
515 ' SS= Solar Semi-diameter
520 SS=.2666/SRR: PRINT"SS=" SS
530 '
535 ' +++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
536 ' +              Moon's Mean Motion and Perturbation              +
537 ' +++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
538 ' Epoch(Neugebauer-Tuckerman)= A D 1800 I 0.5 UT = JD 2378496#
539 J#=(JD#-2378496#)/36525#: PRINT"J#="J#: J=J#
540 ML#=335.723436#+481267.887361#*J#+3.38888E-03*J#*J#+1.83333E-06*J#*J#*J#
550         ML#=360*(ML#/360-INT(ML#/360)): PRINT"ML#="ML#
560 AA#=1.2949#+413335.4078#*J#-7.2201E-03*J#*J#-7.2305E-06*J#*J#*J#
570         AA#=360*(AA#/360-INT(AA#/360)): PRINT"AA#="AA#
580 BB#=111.6209#+890534.2514#*J#+6.9838E-03*J#*J#+6.9778E-06*J#*J#*J#
590         BB#=360*(BB#/360-INT(BB#/360)): PRINT"BB#="BB#
600 CC#=180.40885#+35999.0552#*J#-.0001988#*J#*J#
610         CC#=360*(CC#/360-INT(CC#/360)): PRINT"CC#="CC#
620 DD#=.88605#+377336.3526#*J#-7.0213E-03*J#*J#-7.2305E-06*J#*J#*J#
630         DD#=360*(DD#/360-INT(DD#/360)): PRINT"DD#="DD#
640 EE#=111.21205#+854535.1962#*J#+7.1826E-03*J#*J#+6.9778E-06*J#*J#*J#
650         EE#=360*(EE#/360-INT(EE#/360)): PRINT"EE#="EE#
660 HH#=169.1706#+407332.2103#*J#+5.3354E-03*J#*J#+5.3292E-06*J#*J#*J#
670         HH#=360*(HH#/360-INT(HH#/360)): PRINT"HH#="HH#
680 '
690 A0#=1.2408#*SIN(AA#*P#): PRINT"A0#="A0#
700 B0#=.5958#*SIN(BB#*P#): PRINT"B0#="B0#
710 C0#=.1828#*SIN(CC#*P#): PRINT"C0#="C0#
720 D0#=.055#*SIN(DD#*P#): PRINT"D0#="D0#
730 E0#=.0431#*SIN(EE#*P#): PRINT"E0#="E0#
740 H0#=.1453#*SIN(HH#*P#): PRINT"H0#="H0#
750 ST#=A0#+B0#+C0#+D0#+E0#: PRINT"ST#="ST#"(perturbation)"
755 ML#=ML#+ST#
760 PRINT"ML#="ML#"(perturbation corrected)"
770 '
780 '+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
790 'PNL=Gamma-Node-Perigaeum
800 PNL#=225.397325#+4069.053805#*J#-1.02869E-02*J#*J#-1.22222E-05*J#*J#*J#
810          PNL#=360*(PNL#/360-INT(PNL#/360)): PRINT"PNL#="PNL#
820 MA#=ML#-PNL#: PRINT"MA#="MA#
830 ' +++++++++ KEPLER's Equation   MA=EX-EC*SIN(EX) ++++++++++++++++++++
840 '                         where EX=eccentric anomaly, EC=eccentricity
850 EC#=.05490897#: EC=EC#: MA#=MA#*P#
860 ' ------------------ Iteration starts ------------------------------
870 EX#=MA#
880 SS#=EX#-EC#*SIN(EX#)-MA#
890          IF ABS(SS#)<1E-08 THEN GOTO 920
900 DE#=SS#/(1-EC#*COS(EX#))
```

```
910 EX#=EX#-DE#: GOTO 880
920 TT#=SQR((1+EC#)/(1-EC#))*TAN(EX#/2): EX=EX#
930 TA#=2*ATN(TT#): TA#=TA#/P#
940         IF TA#<0 THEN TA#=TA#+360
950 PRINT "TA#="TA#
960 ' -----------OMG = Longitude of Ascending node ------------------------
970 OMG#=33.272936#-1934.144694#*J#+2.08028E-03*J#*J#+2.08333E-06*J#*J#*J#
980         OMG#=360*(OMG#/360-INT(OMG#/360)): IF OMG#<0 THEN OMG#=OMG#+360
985 PRINT"OMG#="OMG#
990 UU#=PNL#-OMG#+TA#
1000        UU#=360*(UU#/360-INT(UU#/360)): PRINT"UU#-"UU#
1010 ' ---------------- INC = Inclination --------------------------------
1020 INC#=5.144433#
1030 JJ#=COS(INC#*P#)*TAN(UU#*P#): MM#=ATN(JJ#)/P#: IF COS(UU#*P#)<0 THEN MM#=MM
#+180
1040        MM#=360*(MM#/360-INT(MM#/360))
1050 LAM#=MM#+OMG#: LAM#=360*(LAM#/360-INT(LAM#/360)): LAM=LAM#
1060 BE#=TAN(INC#*P#)*SIN(MM#*P#): TB#=ATN(BE#)/P#
1070 TB#=TB#+HO#: TB=TB#
1080 COLOR 6: PRINT" LAM="LAM "(Moon's geocentric Longitude)"
1090          PRINT"  TB=" TB "(Moon's geocentric Latitude )": COLOR 7
1100 '
1110 ' ------------------ Local Sidereal Time =  LST --------------------------

1120 T#=JD#-2415020#: S#=366.2422#/365.2422#: B#=3.2412E-14*T#*T#: PRINT"B#="B#
1130 GST#= 18.6461#+24*T#*S#+B#: GST#=24*(GST#/24-INT(GST#/24)): GST=GST#
1140 PRINT" GST(Greenwich Sidereal Time)="GST "(in hours)"
1150 LST= GST+LON/15: LST=24*(LST/24-INT(LST/24)):PRINT" LST="LST*15"(in degrees
)"
1160 COLOR 5: PRINT" LST(Local Sidereal Time)="LST "(in hours)": COLOR 7
1190 '
1200 ' ------------------ Moon's Distance from Earth --------------------------

1210 AX=60.2682: RR=AX*(1-EC*COS(EX)): G=1/RR/.99 : PRINT"G="G
1220 PI=ATN(G/SQR(1-G*G))/P
1230 PRINT "PI(Topocentric parallax)="PI"(in degrees)"
1240 '------------ Observer's position: L and B --------------------------------

1250 F#=T#/36525#: LST=LST*15
1260 OBL#=23.4523#-.013#*F#-1.6388E-06*F#*F#: OBL=OBL#: PRINT"OBL="OBL
1270 A=COS(OBL*P)*COS(LAT*P)*SIN(LST*P)+SIN(OBL*P)*SIN(LAT*P): PRINT"A="A
1272 B=COS(LAT*P)*COS(LST*P)                                  : PRINT"B="B
1274 HH=A/B: L=ATN(HH)/P
1276         IF A<0 AND B<0 THEN L=L+180
1278         IF A<0 AND B>0 THEN L=L+360
1279         IF A>0 AND B<0 THEN L=L+180
1280 PRINT"L="L" (Observer's Longitude)"
1290 JJ=-SIN(OBL*P)*COS(LAT*P)*SIN(LST*P)+COS(OBL*P)*SIN(LAT*P)
1300 B=ATN(JJ/SQR(1-JJ*JJ)): B=B/P:  PRINT"B="B "(Observer's Latitude)"
1320 ' --------------------Parallax ------------------------------------------
1330 PP=SIN(PI*P)*COS(B*P)*SIN((L-LAM)*P)/COS(TB*P)
1340 LAM1=ATN(PP/SQR(1-PP*PP)): LAM1=-LAM1/P: PRINT"LAM1="LAM1
1350 GG=TAN(B*P)/COS((L-LAM)*P)
1360 GA1=ATN(GG)/P
1370 QQ=SIN(PI*P)*SIN(B*P)*SIN((GA1-TB)*P)/SIN(GA1*P)
1380 TB1=-ATN(QQ/SQR(1-QQ*QQ))/P
1390 PRINT"LAM1="LAM1"(parallax)": LAM2=LAM +LAM1: PRINT"LAM2="LAM2"(parallax co
rrected)"
1400 PRINT "TB1="TB1" (parallax)":  TB2=  TB+TB1 : PRINT"BET2="TB2  "parallax co
rrected)"
1410 '------------------ Moon's apparent semi-diameter MS ----------------------

1420 K=.2725*G: PRINT"K="K
1430 MS=ATN(K/SQR(1-K*K))/P: PRINT"MS="MS"( Moon's apparent semi-diameter in deg
rees)"
1440 COLOR 6
1450 PRINT"**************** S U N versus M O O N **************************"
1460 COLOR 4: PRINT" SUN's semi-diameter SS=" SS
1470 PRINT"Moon's semi=diameter MS=" MS
```

```
1480 COLOR 2: PRINT"  SL ="SL  "( SUN )"
1490 COLOR 6: PRINT" LAM2="LAM2"(MOON parallax corrected)"
1495 PRINT" BET2="TB2 "(MOON parallax corrected)"
1500 MP=LAM2-SL:  IF MP<0 THEN MP=MP+360
1510 COLOR 7: PRINT"COS(MP*P)="COS(MP*P)
1520 PRINT"MOON's phase MP=" MP "(in degrees)"
1530                IF M>12 THEN Y=Y+1: M=M-12
1540         PRINT"MOON       for "Y;M;D;",'H"h  at LON="LON;", LAT="LAT
1545 PRINT
1550 GOTO 160
1560 END
```

## (5) 座標の変換

黄経・黄緯（L，B）と西暦年（Y）とをインプットすると，赤経・赤緯（A，D）が出る．およびその逆．

```
10 'FILE LB to AD programmed by Kuniji SAITO on 1983 XI 19 and revised for FM 16
Beta on 1986 II 4
20 ' ***************************************************************************
30 ' *                          L B  to  A D                                  *
40 ' ***************************************************************************
50 ' L = Heliographic Longitude(in deg),     B = Heliographic Latitude(in deg)
60 ' A = Right Ascension(in deg),            D = Declination(in deg)
70 ' OBL = Obliquity ,                       Y = Year
80  P= 3.14159/180
90  PRINT "INPUT L,B,Y"
100 INPUT L,B,Y
110 T=(Y-1900)/100
120 OBL=23.4523-1.30125E-02*T
130 S=COS(OBL*P)*SIN(B*P)+SIN(OBL*P)*COS(B*P)*SIN(L*P)
140 D=ATN(S/SQR(1-S*S)): D=D/P
150 F=(-SIN(OBL*P)*SIN(B*P)+COS(OBL*P)*COS(B*P)*SIN(L*P))/COS(B*P)/COS(L*P)
160 A=ATN(F): A=A/P
170         IF L>0 AND L<90 THEN A=A
180         IF L>90 AND L<270 THEN A=A+180
190         IF L>270 AND L<360 THEN A=A+360
200 COLOR 5:PRINT "A =" A , "D=" D
210 COLOR 4:PRINT "OBL=" OBL
220 PRINT : COLOR 7
230 PRINT"INPUT  LAT( Latitude of the place )"
240 INPUT  LAT
250 CC=-TAN(LAT*P)*TAN(D*P)
260 HA=ATN(SQR(1-CC*CC)/CC)/P
270        IF HA<0 THEN HA=HA+180
280 PRINT"HA=" HA
290 PRINT
300 END
```

```
10 'FILE AD to LB programmed by Kuniji SAITO on 1983 XI 19 and revised for FM 16
Beta on 1986 II 4
20 ' ***************************************************************************
30 ' *                          A D to L B                                     *
40 ' ***************************************************************************
50 ' A = Right Ascension(in deg),            D = Declination(in deg)
60 ' L = Heliographic Longitude(in deg),     B = Heliographic Latitude(in deg)
70 ' OBL = Obliquity ,                       Y = Year
80  P= 3.14159/180
90  PRINT "INPUT A,D,Y"
100 INPUT A,D,Y
```

```
110 T=(Y-1900)/100
120 OBL=23.4523-1.30125E-02*T
130 S=COS(-OBL*P)*SIN(D*P)+SIN(-OBL*P)*COS(D*P)*SIN(A*P)
140 B=ATN(S/SQR(1-S*S)): B=B/P
150 F=(-SIN(-OBL*P)*SIN(D*P)+COS(-OBL*P)*COS(D*P)*SIN(A*P))/COS(D*P)/COS(A*P)
160 L=ATN(F): L=L/P
170         IF A>0 AND A<90 THEN L=L
180         IF A>90 AND A<270 THEN L=L+180
190         IF A>270 AND A<360 THEN L=L+360
200 COLOR 5:PRINT "L =" L , "B=" B
210 COLOR 4:PRINT "-OBL=" -OBL
220 PRINT : PRINT 7
230 PRINT"INPUT  LAT( Latitude of the place )"
240 INPUT , LAT
250 CC=-TAN(LAT*P)*TAN(D*P)
260 HA=ATN(SQR(1-CC*CC)/CC)/P
270        IF HA<0 THEN HA=HA+180
280 PRINT"HA=" HA
290 PRINT
300 END
```

## (6) ハレー彗星の位置と光度

近日点通過の西暦年月日時（Y, M, D, H）と観測地の経度（LON）をインプットする．ついで軌道の6要素（MU, EPO, EC, INC, SONG, OMG）をインプットする．さらに近日点通過日（EPO）からの経過日数（DAY）をインプットする．

```
100 'FILE "HAL" programmed by Kuniji SAITO on 1983 VII 30, revised on 1985 XII 1
3 for FM 16 Beta
110 '**************************************************************
120 '*                    H A L L E Y 's  C O M E T                 *
130 '*                    and other periodic comets                 *
140 '**************************************************************
150 COLOR 5:PRINT"INPUT Perihelion passage epoch = Y, M, D, H(UT) and Observer's
 Longitude LON": COLOR7
160 INPUT Y, M, D, H, LON
170        IF M<0 THEN Y=Y-1: M=M+12
180 S=INT(365.25*Y)+INT(30.59*(M-2))
190 S#=S: D#=D: H#=H/24: LON#=LON/360
200 JD#=S#+D#+H#-LON#+1721086.5#
210        IF JD#<2299161# THEN PRINT "JULIAN JD ="JD#: GOTO 250
220 A=INT(Y/400)-INT(Y/100)+2: A#=A
230 JD#=JD#+A#
240 PRINT"GREGORIAN JD =" JD#
250 EPO#=JD#: PRINT"EPO#="EPO#
260 OBL=23.4523-1.30125E-02*(Y-1900)/100: PRINT"OBL="OBL
270 P=3.14159/180
275 '****************** Orbital Elements of Comet *************************
280 'MU=Daily motion(in angle-second ")
290 'AX=Semi-major axis in AU
300 'EC=Eccentricity
310 'INC=Inclination
320 'SOMG=Ascending node to Perihelion ( small omega )
330 'OMG=Longitude of Ascending node ( Large Omega )
340 COLOR 5: PRINT "INPUT MU, AX, EC, INC, SOMG, OMG": COLOR 7
350 INPUT MU, AX, EC, INC, SOMG, OMG
```

```
360 P=3.14159/180
380 MU=MU*P/3600: INC=INC*P: SOMG=SOMG*P: OMG=OMG*P: OBL=OBL*P
390 PX=COS(SOMG)*COS(OMG)-SIN(SOMG)*SIN(OMG)*COS(INC)
400 PY=(COS(SOMG)*SIN(OMG)+SIN(SOMG)*COS(OMG)*COS(INC))*COS(OBL)-SIN(SOMG)*SIN(I
NC)*SIN(OBL)
410 PZ=(COS(SOMG)*SIN(OMG)+SIN(SOMG)*COS(OMG)*COS(INC))*SIN(OBL)+SIN(SOMG)*SIN(I
NC)*COS(OBL)
420 QX=-SIN(SOMG)*COS(OMG)-COS(SOMG)*SIN(OMG)*COS(INC)
430 QY=(-SIN(SOMG)*SIN(OMG)+COS(SOMG)*COS(OMG)*COS(INC))*COS(OBL)-COS(SOMG)*SIN(
INC)*SIN(OBL)
440 QZ=(-SIN(SOMG)*SIN(OMG)+COS(SOMG)*COS(OMG)*COS(INC))*SIN(OBL)+COS(SOMG)*SIN(
INC)*COS(OBL)
450 PRINT"PX="PX; "PY="PY; "PZ="PZ
460 PRINT"QX="QX; "QY="QY; "QZ="QZ
470 AXX=AX*PX: AYY=AX*PY: AZZ=AX*PZ
480 F=AX*SQR(1-EC*EC):
490 BX=F*QX: BY=F*QY: BZ=F*QZ
500 PRINT"AXX="AXX; "AYY="AYY; "AZZ="AZZ
510 PRINT "BX="BX;   "BY="BY;   "BZ="BZ
520 PRINT: COLOR 6
530 PRINT "DATE=EPO+DAY( + or - )  INPUT DAY": COLOR 5
540 INPUT DAY
550 MA=MU*DAY: MA#=MA: P#=3.1415926#/180 : PRINT"MA#="MA#
560 PRINT"+++++++++++++++ KEPLER's Equation  MA=EX-EC*SIN(EX) ++++++++++++++++
++"
570 EX#=MA#: EC#=EC
580 PRINT"EX#="EX#: SS#=EX#-EC#*SIN(EX#)-MA# : PRINT"SS#="SS#
590                  IF ABS(SS#)<1E-08 THEN GOTO 610
600 DE#=SS#/(1-EC#*COS(EX#)): PRINT"DE#="DE#:  EX#=EX#-DE#: COLOR 6:  GOTO 580
610 PRINT" EX#="EX#/P# "( eccentric anomaly in degrees )"
620 V#=COS(EX#)-EC#: J#=SIN(EX#): V=V#: J=J#: COLOR 7: PRINT"V="V; "J="J
630 XX=AXX*V+BX*J
640 YY=AYY*V+BY*J
650 ZZ=AZZ*V+BZ*J
660 PRINT"XX="XX; "YY="YY; "ZZ="ZZ
670 RR=SQR(XX*XX+YY*YY+ZZ*ZZ): EX=EX#
680 TT=SQR((1+EC)/(1-EC))*TAN(EX/2)
690 TA=2*ATN(TT)/P: COLOR 6
700 PRINT"TA="TA "( true anomaly in degrees )" : COLOR 7
710 PRINT :COLOR 2
720 PRINT"++++++++++++++++ SUN's Position +++++++++++++++++++++++++++++++++++"

730 JD#=EPO#+DAY: COLOR 7
740 PRINT"JD#="JD#
750 C#=(JD#-2415021#)/36525#
760 SML#=280.6824#+36000.769325#*C#+7.22222E-04*C#*C#
770       SML#=360*(SML#/360-INT(SML#/360))
780 SML=SML#: PRINT"SML="SML
790 SEC#=.0167498#-4.258E-05*C#-1.37E-07*C#*C#
800 SPL#=281.2206#+1.717697#*C#+4.83333E-04*C#*C#+2.77777E-06*C#*C#*C#
810       SPL#=360*(SPL#/360-INT(SPL#/360))
820 SMA#=SML#-SPL#: SMA#=SMA#*P#
830 SMPG#=1.91946#*SIN(SMA#)+2.00939E-02*SIN(2*SMA#)-4.78889E-03*SIN(SMA#)*C#-1.
44444E-05*SIN(SMA#)*C#*C#
840 SL#=SML#+SMPG#: SL=SL# : COLOR 6: PRINT"SL="SL: COLOR 7
850 STA#=SL#-SPL#: PRINT"STA#="STA#
860       IF STA#<0 THEN STA#=STA#+360
870 SAX#=1.00000129#
880 SRR#=SAX#*(1-SEC#*SEC#)/(1+SEC#*COS(STA#*P#)): SRR=SRR#: PRINT"SRR="SRR
900 AA=SIN(OBL)*SIN(SL*P)
905 'SDEC=Sun's declination, SRA=Sun's right ascension
910 SDEC=ATN(AA/SQR(1-AA*AA))/P
920 BB=COS(OBL)*TAN(SL*P)
930 SRA=ATN(BB)/P
940       IF SL>90 AND SL<270 THEN SRA=SRA+180
950       IF SL>270 AND SL<360 THEN SRA=SRA+360
960 SX=SRR*COS(SL*P)
970 SY=SRR*SIN(SL*P)*COS(OBL)
980 SZ=SRR*SIN(SL*P)*SIN(OBL)
```

```
990 PRINT"SX="SX; "SY="SY; "SZ="SZ : COLOR 4
1000 PRINT " +++++++++++++++++++ COMET ( geocentric ) +++++++++++++++++++++++++
"
1010 CX=XX+SX: CY=YY+SY: CZ=ZZ+SZ
1020 DD=SQR(CX*CX+CY*CY+CZ*CZ)
1030 FF=CY/CX
1040 RA=ATN(FF): RA=RA/P
1050        IF CX<0 THEN  RA=RA+180
1060        IF CX>0 AND CY<0 THEN RA=RA+360
1070 GG=CZ/DD
1080 DEC=ATN(GG/SQR(1-GG*GG)): DEC=DEC/P : COLOR 6
1085 PRINT "          at DAY(+ or -)="DAY " from"Y;M;D;",","H"h,"LON"deg"
1090 PRINT"Sun's RA =" SRA
1095 PRINT"Sun's DEC="SDEC: COLOR 4
1110 PRINT"Comet's RA=" RA
1120 PRINT"Comet's DEC="DEC: COLOR 7
1125 PRINT"Sun-Earth  SRR=" SRR
1130 PRINT"Comet-Earth DD=" DD
1140 PRINT"Comet-Sun   RR=" RR: COLOR 4
1150 PRINT" +++++++++ Brightness BR of Halley's Comet ( Broughton ) ++++++"
1160 BR=5.7+11.5*LOG(RR)/LOG(10)+5*LOG(DD)/LOG(10)
1170 PRINT"BR="BR
1180 PRINT : COLOR 7
1190 GOTO 520
1200 END
```

## (7) 古代の恒星位置

西暦年（Y）とある恒星の1900.0における赤経・赤緯値および固有運動値をインプットする.

```
100 'FILE "YALE" programmed by Kuniji SAITO on 1984 IV 20, revised on 1985 XI 5
110 PRINT"To get Stellar Positions at any time from those in 1900.0 (Yale Catalo
gue )"
120 '************************************************************************
130 '*                                YALE                                   *
140 '************************************************************************
150 PRINT" INPUT Year(Y). Right Ascension(H,M,S), Declination(D,N,W), Proper Mot
ion in arcsec(V1,V2) in 1900.0": COLOR 6: PRINT "ATTENSION:If Dec < 0, then D=-D
, N=-N, W=-W.":COLOR 7
160 INPUT Y,H,M,S,D,N,W,V1,V2
170 T=Y-1900: C=T/100: P=3.14159/180: PRINT"C="C
180 RA=15*(H+M/60+S/3600): DEC=D+N/60+W/3600
190 RA=RA+V1*T/3600/COS(DEC*P):DEC=DEC+V2*T/3600
200 S=COS(23.452*P)*SIN(DEC*P)-SIN(23.452*P)*COS(DEC*P)*SIN(RA*P)
210 BET=ATN(S/SQR(1-S*S))/P
220 A=SIN(23.452*P)*SIN(DEC*P)+COS(23.452*P)*COS(DEC*P)*SIN(RA*P)
230 B=COS(DEC*P)*COS(RA*P): TA=A/B
240 LAM=ATN(TA)/P
250            IF A>0 AND B<0 THEN LAM=LAM+180
260            IF A<0 AND B>0 THEN LAM=LAM+360
270            IF A<0 AND B<0 THEN LAM=LAM+180
280 PRINT"LAM( 1900 )="LAM, "BET( 1900 )="BET
290 '
300 P1M=.01396+3.083E-06*C
310 P2M=1.308E-04-9.7E-08*C
320 PPM=173.951+.4564*C
330 AA=P1M*C*100
340 BB=P2M*C*100
350 CC=180-PPM+AA/2
360 BET=BET+BB*SIN((LAM+CC)*P)
```

```
370 LAM=LAM+AA-BB*COS((LAM+CC)*P)*TAN(BET*P)
380          IF LAM<0 THEN LAM=LAM+360
390 COLOR 5:PRINT"LAM("Y")="LAM: PRINT"BET("Y")="BET:COLOR 7
400 PRINT
410 OBL=23.452-1.30125E-02*C:PRINT"OBL("Y")="OBL
420 S=COS(OBL*P)*SIN(BET*P)+SIN(OBL*P)*COS(BET*P)*SIN(LAM*P)
430 DEC=ATN(S/SQR(1-S*S))/P
440 A=-SIN(OBL*P)*SIN(BET*P)+COS(OBL*P)*COS(BET*P)*SIN(LAM*P)
450 B=COS(BET*P)*COS(LAM*P)
460 TA=A/B
470 RA=ATN(TA)/P
480          IF A>0 AND B<0 THEN RA=RA+180
490          IF A<0 AND B>0 THEN RA=RA+360
500          IF A<0 AND B<0 THEN RA=RA+180
510 COLOR 5:PRINT"RA("Y")="RA: PRINT"DEC("Y")="DEC
520 RA=RA/15: R1=INT(RA): R2=(RA-R1)*60: R3=INT(R2): R4=(R2-R3)*60: R5=INT(R4)
530 PRINT
540 PRINT "or RA="R1"h"R3"m"R5"s"
550 DC=ABS(DEC): D1=INT(DC): D2=(DC-D1)*60: D3=INT(D2): D4=(D2-D3)*60: D5=INT(D4
) : IF DEC<0 GOTO 570
560 PRINT   "DEC=+"D1"deg"D3"m"D5"s" :GOTO 580
570 D1=-D1: D3=-D3:D5=-D5: PRINT"DEC="D1"deg "D3"m "D5"s"
580 COLOR 7: PRINT
590 GOTO 100
```

# あとがき

学問としての天文学には2つの系統がある。ひとつは天体力学を使う系統であり，他は天体物理学を使う系統である。筆者は東京大学東京天文台（現在は国立天文台と改組されたが）教授であった職責からいえば後者の天体物理系に属していた。だから，在職中は日食などがあると，しばしば国内・国外各地に出張して太陽コロナの観測にたずさわったものである。

それが1974年に東京大学を停年退官したのちは，180°の転身をして日本・中国・朝鮮・西洋の古文献の中から天文記録をさがし出しては，これを数理的に検証することをやりだした。これは上記の第二の系統から第一の系統に首をつっこんだことであり，また文科系の研究領域に立ち入りしたことでもある。この新分野は他にやる人がいないのをよいことにして，自分勝手に「古天文学」という名を創りあげて，ひとりでコツコツ研究をつづけてきた。現在計算記録を書いた大学ノートが300冊以上も手もとにたまってしまった。本年（1989）で，10年を上まわる歳月が流れ，私も満75歳をすぎて，東京都と三鷹市とから毎年「敬老金」を頂戴している。しかし，今なお元気に，この方面ではまだ現役のつもりで頑張っている。それにしても，私の人生は収束期に入っているのだから，私の古天文学検算がどういう数式を使ってなされたものかを後世に遺しておくのは学者としての責任であろう。そういう思いもあって，恒星社から一書を出してもらうことになった。

また，私が開拓した成果を一括リスト・アップしておくことも後進のためになると思って，私が書いた古天文学関係の論文・寄稿そして著書名を下に掲げておく。これを通覧すると，『科学史研究』『古代文化』『日本歴史』などの学術誌に学術論文として掲載したあとに，同一内容を易しく解説して『星の手帖』『歴史読本』『韓国文化』などの一般誌に発表しているのがかなりあり，PR が目立つようでいささか申し訳がない。それにしてもずいぶん書いたものだと自分ながらあきれている。中でも『科学史研究』と『東京天文台報』と『星の手帖』とは，永いあいだ私に執筆の場を与えて下さっていたことを感謝申しあげる。

『天文月報』所載記事

「日本書紀」などわが国古記録中の星食記事の検証」71, No. 10, 262, 1978

『科学史研究』所載記事

「わが国の天文史料中の星昼見記事についての検証」第Ⅱ期, 18, No. 130, 80, 1979夏

「日本上代において一日は午前3時に始まった—その天文年代学的な検証」第Ⅱ期, 19, No. 134, 94, 1980夏

「古代朝鮮（A. D. 205～1391）の星食記事の検証——一日の始めの問題を含めて」19, No. 136, 262, 1980冬

「前漢時代（206 B. C.～A. D. 23）の天文史料—その分類・日付および天文年代学的検証」20, No. 138, 95；No. 139, 144, 1981秋

「後漢時代（A. D. 24～220）の天文史料——その分類・日付および天文年代学的検証」21, No. 141, 27；No. 142, 70, 1982夏

「晋書の中の天文史料（A. D. 221～420）」22, No. 145, 21, 1983春

「三国志の中の天文史料（A. D. 220～280）—その天文年代学的な検証」23, No. 149, 12, 1984春。

「天文史料を使って『史記』の六国年表を検証する」, 25, No. 157, 1, 1986春（小沢賢二と共著）

「春秋時代（B. C. 722～479）の日食その他天文記事の再検討」26, No. 161, 24, 1987春（小沢賢二と共著）

『古代文化』所載記事

「日本上代の日始の時刻について」33, No. 2, 58, 1981

「六国史の中の天文記事の検証」33, No. 11, 20, 1981

「藤原定家『明月記』の中の天文記事』34, No. 10, 11, 1982

『日本歴史』の所載記事

「花山天皇退位の夜の天変について」No. 412, 66, 1982, 9月号

「天変記事のある無年号文書—古天文学の一応用例」No. 435, 77, 1984, 8月号

「二星合・三星合の天変とその検証」No. 459, 70, 1986, 8月号

「鳥居甲斐晩年の天文記録」No. 487, 41, 1988, 12月号

『東京天文台報』所載記事

明治以降わが国の天文および地球物理学者がおこなった日食観測の記録（総合報告）14, No. 1, 1, 1968（篠沢志津代と共著）

「明治20年（1887）8月19日の皆既日食観測についての調査—専門家の観測と一般市民の観測」14, No. 4, 423, 1969；「第二報」15, No. 4, 617, 1972,（篠沢志津代

と共著）
「明治29年（1896）8月9日の皆既日食観測についての調査」15，No.1，12，1970（篠沢志津代と共著）
「明治16年（1883）10月31日の金環日食観測についての調査」15，No.1，410，1971（篠沢志津代と共著）
「金星の日面経過について，特に明治7年（1874）12月9日日本における観測についての調査」前篇16，No.1，72，1972；後篇16，No.2，259，1973（篠沢志津代と共著）
「明治10年（1877）の火星大接近といわゆる西郷星について」16，No.2，434，1973（篠沢志津代と共著）
「明治43年のハレー彗星についての調査」16，No.4，760，1974（篠沢志津代と共著）
「地球上の一点に固定した観測者にとって何年ごとに皆既日食を見る機会があるか」16，No.2，397，1973（東条新と共著）

**『藪内清先生頌寿記念論文集・東洋の科学と技術』中所載記事**

「朝鮮李朝時代の星食記事の検証」96，1982

**『Sky and Telescope』所載記事**

"Glimpses of Ancient Japanese Astronomy",58，No.2，108，1970夏

**『韓国文化』所載記事**

「三国史記時代の天文学」No.75，14，1986，1月号

**『歴史読本』所載記事**

「ハレー彗星の二千年」昭和60年10月号，40
「始皇帝もハレー彗星を見た」1986新春号，116

**『星の手帖』所載記事**

「飛鳥時代の天体観測」5，90，1979夏
「続・飛鳥時代の天体観測」7，92，1980冬
「まぼろしの飛鳥占星台仮説」8，108，1980春
「明治43年のハレー彗星（1910Ⅱ），10，96，1980秋
「寛政7年（1795）の星食観測事情」11，90，1981冬
「明治10年（1877）の火星大接近と西郷星」12，88，1981春
「江戸浅草の司天台と観測機械」13，74，1981夏
「明治20年（1887）本邦初のコロナ観測」14，82，1981秋
「藤原定家『明月記』と天文記事」15，90，1982冬
「居ながら皆既日食が見られる確率」16，82，1982春
「漏刻――古代の水時計の謎をさぐる」17，82，1982夏
「天の岩戸はA.D.248年の皆既日食か」18，81，1982秋

「古代の天文家——陰陽師たち」**19**，82，1983冬
「白昼の星の古記録について」**21**，82，1983夏
「陰陽頭・安倍泰親の天文古記録」**22**，94，1983秋
「古天文学についての西洋事情」**23**，88，1984冬
「古天文学の宝庫『吾妻鏡』について」**25**，88，1984夏
「日本古代の日食論争と日食行事」**26**，84，1984秋
「新羅・高句麗・百済の天文記録」**27**，96，1985冬
「江戸時代の諸国に残る天文史料」**29**，87，1985夏
「伊能忠敬とその天文測量術」**30**，92，1985秋
「古天文学の計算法と演習 Part Ⅰ-1」**31**，86，1986冬
「同じく Part Ⅰ-2」**32**，94，1986春
「同じく Part Ⅱ-1」**33**，94，1986夏
「同じく Part Ⅱ-2」**34**，84，1986秋
「同じく Part Ⅱ-3」**35**，82，1987冬
「同じく Part Ⅲ-1」**36**，94，1987春
「同じく Part Ⅲ-2」**39**，82，1988冬
このシリーズを増補改訂したのが本書である。
「『客星』という名の超新星」**43**，32，1989冬
**『文学』（岩波）所載記事**
「南極老人星」**58**，No. 2，94，1988，2月号
**著　書**
『星の古記録』岩波新書，1982
『飛鳥時代の天文学』河出書房新社，1982
『国史・国文に現れる星の記録の検証』雄山閣，1986.

本文中にすでに書いてあるが，本書の内容は，1985年前期に日本大学文理学部で自然科学特別講義をした時の講義ノートをもとに増補改訂したものである。そのあとで天文季刊誌『星の手帖』の Vol. 31～39（1986～1988）に分割連載した。

雑誌連載中に多くの読者からいろいろの反響があったが，中でも峰崎綾一氏（栃木県）と平川伸昭氏（大分市）とは最も熱心で，演習問題まで実地に取りくんでしばしば質疑をしてこられた。今回一冊の本にするに当たって，筆者の要請にこたえて，雑誌連載記事の中の誤植や表現の不備を指摘してくださって，

これを改訂することができた。感謝にたえない。

一般の読者の質問の中には,

(1) 度（°）とラジアンの変換についての不馴れ

(2) ARCTAN を求める際の象限の撰択についてのとまどい

(3) 大数の処理の仕方がわからない，などに関するものが多かった。この点については，本文中に詳しい説明をつけ加えてある。

本書にはたくさんの数式を掲げてある。もしもその数式に誤植があったら重大である。校正は充分にやったつもりであるが，それでも万一ということがある。演習問題をやってみて，数値が合わないなどの不審があったら，充分検討したうえで，当方に，問合わせて欲しい。筆者の住所は

〒181　東京都三鷹市大沢1-3-7

Tel.　0422-31-5493

である。

# 索　引

〔さ行〕

〔た行〕

〔な行〕



〔は行〕



〔ま行〕

〔や，ら，わ行〕

**著者略歴**

斉藤国治（さいとうくにじ）1913年東京に生れる。東京大学理学部天文学科卒。東京天文台教授・分光部長，理学博士。1974年退官後に，古天文学を創始して今日に至る。



古天文学

1989年3月5日　初版1刷発行

斉藤国治著

発行者　佐竹　久男
印刷所　広研印刷株式会社
製本所　風林社塚越製本

発行所／株式会社恒星社厚生閣
東京都新宿区三栄町8(〒160)
振替東京　0－59600番
電話　03（359）7371～4

定価2,600円

ISBN4-7699-0641-2　C0044